L'AGRONOMIE TROPICALE

1951
VI
N°s 9-10
Sept.-Oct.

MINISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

DIRECTION DE L'AGRICULTURE DE L'ÉLEVAGE ET DES FORÊTS 45bis, AV. DE LA BELLE GABRIELLE, NOGENT-S/MARNE (SEINE)

L'AGRONOMIE TROPICALE

PUBLICATION MENSUELLE DU MINISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER
(Direction de l'Agriculture, de l'Elevage et des Forêts)

Administration : Section Technique d'Agriculture Tropicale, 45 bis, av. Belle-Gabrielle, Nogent-s-Marne (Seine) - Tél. TRE. 34-90, 34-91

NUMÉROS **9-10** Volume VI - 1951

SOMMAIRE

ÉTUDES ET TRAVAUX :

A. M. Saccas. — La trachéomycose (Carbunculariose) des *Coffea excelsa, Neo-Arnoldiana* et *Robusta* en Oubangui-Chari 453

B. Dabin. — Alimentation minérale du riz. Interprétation d'un essai d'engrais réalisé à l'Office du Niger 507

NOTES ET ACTUALITÉS 515

Méthode des tests rapides de Morgan pour l'analyse du sol, 515. — Le vanillier et la vanille, richesse française à défendre, 529. — Société française de phytiatrie et et de phytopharmacie, 530.

DOCUMENTATION 533

Ouvrages et documents généraux, 533. — Extraits bibliographiques, 533. — Bibliographie analytique, 534.

ACTES OFFICIELS 554

Enseignement a ricole, 554. — Recherches agricoles, 555. — Encouragement à la culture du caféier, 556. — Paysannat rural, 556. — Concours, 556.

STATISTIQUES 557

Principaux produits agricoles et forestiers exportés des territoires d'outre-mer en 1938, 1949 et 1950, 557.

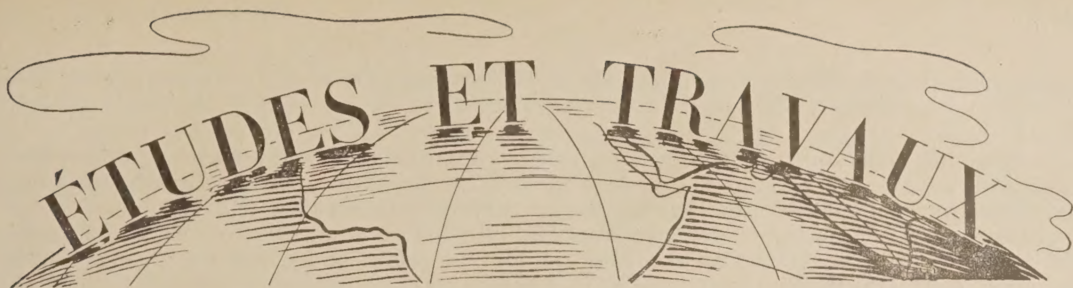
	ABONNEMENTS ANNUELS (six fascicules)		Chaque fascicule séparément
	" L'Agronomie Tropicale "	Documentation analytique	
FRANCE ET UNION FRANÇAISE..	1.500 francs	250 francs	275 francs
ÉTRANGER..................	1.800 francs	300 francs	325 francs

Le montant des abonnements doit être adressé à la « Régie des Recettes », Section Technique d'Agriculture Tropicale 45 *bis*, Avenue de la Belle-Gabrielle, Nogent-sur-Marne (Seine). — C/c. Paris 9067.50



Cliché THÉODOSE

Vanilleraie de trois ans sur filao, à Antahala (Madagascar).



LA TRACHÉOMYCOSE (CARBUNCULARIOSE) DES *COFFEA EXCELSA, NEO-ARNOLDIANA* ET *ROBUSTA* EN OUBANGUI-CHARI

par **A. M. SACCAS**
Ingénieur-Docteur

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

A. — Introduction

A notre arrivée en A. E. F., nous fûmes chargé, entre autres, de l'étude de la grave épiphytie, mal ou incomplètement connue, qui avait détruit la presque totalité des plantations de *Coffea excelsa* de l'Oubangui-Chari, et de la résolution de cet inquiétant problème.

Notre tâche a été facilitée grâce à l'abondant matériel vivant mis à notre disposition à la Station Centrale de Boukoko qui possède d'importantes collections de caféiers d'origines variées. Nos observations ont été complétées au cours des tournées de prospection faites dans les anciennes plantations européennes et autochtones de *Coffea excelsa* de presque tout l'Oubangui-Chari, en particulier des régions Est et Nord-Est de ce territoire où la maladie était devenue extrêmement grave.

La visite de galeries forestières — habitat naturel de cette espèce — nous a permis de constater que la maladie sévissait, avec une intensité beaucoup moins grave, sur les sujets sauvages.

En avril-mai 1950, nous constations dans les plantations de *Coffea robusta* la présence de la même épiphytie, dont l'agent causal est le *Fusarium xylarioides* Steyaert. Des contaminations artificielles ont prouvé la réceptivité de cette espèce et de *C. neo-Arnoldiana* à l'égard du champignon.

La découverte de sa forme parfaite, obtenue *in vitro*, et sur l'hôte naturel par inoculations artificielles de jeunes *excelsa* et *neo-Arnoldiana* à partir de la forme conidienne, nous a permis de faire l'étude biologique complète de ce parasite.

L'étude expérimentale sur les trois espèces nous a conduit à préciser sa voie de pénétration à l'intérieur des tissus, la durée d'incubation de la maladie, ainsi que les moyens de lutte préventifs à appliquer.

B. — Historique

Le *Coffea excelsa* a été décrit par le Professeur Aug. Chevalier, qui l'a découvert en 1902 en pleine zone soudanaise dans la région de N'Dellé et dans les galeries forestières des affluents du

Note de la Rédaction. — Les articles publiés dans *L'Agronomie Tropicale*, quelle que soit la personnalité ou la fonction de leur auteur, n'expriment qu'une opinion personnelle et ne sauraient être considérés comme une indication de la politique ou des intentions du Département.

Chari, à 600-800 m d'altitude, en peuplements sporadiques ou plus ou moins denses. Son aire de répartition est comprise, dans toute la zone soudanaise, entre le 6e et le 9e degrés de latitude Nord.

Quelques années plus tard, ce caféier, encore connu vulgairement sous le nom de caféier du Haut-Chari, fut apprécié pour sa grande productivité, ses rendements élevés, sa résistance aux maladies cryptogamiques et surtout ses qualités gustatives. C'est ainsi qu'en 1927-1929, avec l'arrivée des planteurs européens, il prenait place dans l'exploitation agricole; vers cette époque, l'Administration dirigeait l'autochtone vers cette même culture. Une Station agricole du caféier fut créée aux environs de Bangui, et les travaux de sélection entrepris par l'ingénieur d'agronomie coloniale J. Lhuillier.

La propagande, accrue, menée à la fois par les administrateurs et les agronomes, porta ses fruits ; en 1932, plus d'un million de caféiers furent plantés par les autochtones et plus de deux millions par les européens. Les premiers résultats, très satisfaisants, encouragèrent davantage encore cette culture si bien qu'elle ne tarda pas à occuper une superficie de 15.000 ha sans compter celle, réduite, plantée par les indigènes dans leurs villages.

Jusqu'en 1933 et un peu plus tard, la récolte du café en Oubangui ne représentait qu'un faible tonnage (30-35 tonnes), résultat de la cueillette sur caféiers spontanés des galeries forestières et de quelques arbres plantés çà et là comme curiosité. Avec l'extension de cette culture, elle devait atteindre environ 20.000 tonnes par an. C'est alors que s'abattit sur les plantations la maladie qui fait l'objet de la présente étude. En quelques années, elle décima les plantations, provoquant la ruine des planteurs et privant le Territoire et la Fédération d'une ressource économique très importante.

Dans les archives du Laboratoire de Phytopathologie de la Station de Boukoko, de l'Inspection Générale de l'Agriculture de l'A. E. F. et du Service de l'Agriculture de l'Oubangui-Chari, nous avons trouvé une importante documentation sur cette fameuse maladie. Presque uniquement composée de rapports administratifs rédigés par les agronomes qui se sont penchés sur cette question, elle nous permet de brosser un tableau relativement précis sur son apparition et son évolution d'une part, et, d'autre part, sur les nombreuses hypothèses émises quant à la nature de l'agent causal, son mode de propagation, la sensibilité de l'hôte à son égard et les moyens de lutte préconisés.

D'après Figuères (3,B), la maladie a été observée pour la première fois en 1927 dans une plantation européenne (Gascogne) située à 65 km au N-W de Bangui, se manifestant sur quelques pieds isolés mourant par apoplexie. Les dégâts furent incriminés aux attaques d'un pourridié (*Rosellinia* sp.).

Quelques années plus tard, d'autres cas d'apoplexie étaient signalés dans plusieurs plantations de l'Oubangui Oriental. Des échantillons de racines furent adressés au Haut Commissaire du Cameroun, aux fins d'examen par le Service phytopathologique de cette colonie, par le Gouverneur de l'Oubangui. Celui-ci, dans une note de transmission, décrivait des symptômes presque identiques à ceux indiqués depuis et observés actuellement. Le Service spécialisé de Douala attribuait la mort des caféiers à deux pourridiés : *Fomes* et *Rosellinia* et conseillait les mesures et moyens de lutte habituels contre de tels parasites.

A partir de 1936, la maladie prenait une extension inquiétante. La plantation Jallat, située à Basso (District de Rafaï) en pleine zone de l'*excelsa* et couvrant 280 hectares, fut, à part quelques arbres épargnés qui subsistent encore maintenant, entièrement détruite en l'espace d'une année (1938). En 1939, la maladie était généralisée à l'ensemble des plantations d'*excelsa* et intermédiaires. Le Gouvernement et la Direction de l'Agriculture, alarmés, ordonnaient des enquêtes et des prospections faites par les ingénieurs de l'agriculture, sans résultat : en 1945, la presque totalité des plantations était détruite.

Au cours de son évolution, nombreux ont été les parasites supposés responsables de l'affection et nombreux les remèdes préconisés.

C'est ainsi que Figuères (3,A) écrivait en 1939 qu'il s'agissait du « pourridié », occasionné par divers champignons et provoquant le « Folletage parasitaire ». Il accusait le *Fomes* (probablement *F. lignosus*) et un *Rosellinia* sp. d'en être la cause. Il observait après la mort des caféiers, au niveau du collet, la présence de fructifications en consoles jaunâtres et en pointillés linéaires noirâtres qu'il considère comme les fructifications respectives des deux champignons précités. Il prétendait que la maladie se transmettait par les rhizomorphes et indiquait les mesures générales

de lutte contre les pourridiés : arrachage des pieds morts, circonscription des foyers par des fossés.

Dans un autre rapport (3,B), en 1940, le même auteur désigne la maladie sous le nom de « Flétrissure du caféier » Il repousse sa précédente hypothèse après s'être rendu à l'évidence : « Les fossés existent encore, mais les plantations n'existent plus ». A propos de l'agent causal, il dit notamment : « On avait pensé à *Rosellinia* parce que l'on avait vu sur le collet des caféiers atteints des corpuscules noirâtres analogues à des périthèces de ce genre. Il s'agit plutôt de pycnides plus ou moins abondamment groupées sur un stroma de couleur noirâtre et apparaissant au dehors par les fentes de l'écorce. Ces organes s'observent principalement sur les troncs, mais il s'en trouve parfois sur les branches charpentières ». Il supposait que cette « Flétrissure » était due à un champignon interne, du groupe des Hypomyces. Mais par l'examen des spores dans les conceptacles, il en vient à *Diplodia*, puis à *Macrophoma* ; tandis qu'il obtient en culture des macroconidies, en croissant et cloisonnées, typiques du genre *Fusarium*, ainsi que des chlamydospores globuleuses à parois épaisses.

Parallèlement, en août 1939, des échantillons étaient adressés au Laboratoire de Phytopathologie de l'INEAC (Bambessa, Congo Belge) par le planteur Frédéric (Bangui). Steyaert, ayant isolé le même parasite sur les deux pieds reçus, « avait alors acquis de fortes présomptions qu'il se trouvait en présence du parasite responsable d'une trachéomycose » — affection inconnue jusque là sur caféier — qui ravageait les cultures de l'Oubangui. Il l'appela *Fusarium xylarioides* n. sp. qu'il rangea dans le groupe des *Arachnites* de Wollenweber et Reinking et dont la diagnose fut publiée en 1948 (10).

Esteve (G.) en 1942, (2), écrit dans un rapport que les causes du mal n'ont pu encore être précisées d'une façon certaine, ni par conséquent les remèdes. Faute d'observations suffisantes *in vitro*, on s'obstinait jusque là à penser que l'affection se produisait par le système radiculaire tandis que les expériences de cet agronome, faites à la Station de Gounouman, le conduisirent à penser qu'elle avait lieu par les parties aériennes. Comme moyen de lutte, il préconisait l'emploi de sulfate de cuivre (10 g. par arbre) introduit dans le tronc, à titre préventif, parfois même curatif.

Guillemat (J.), dans une note écrite en 1942 et publiée en 1946 (5) donne un aperçu général de la maladie, du parasite et des moyens de lutte. Il conclut qu'il s'agit du même champignon isolé par Steyaert. Il prétend, d'autre part, que les *C. excelsa* sauvages sont résistants au parasite. Pour expliquer les attaques sur *Coffea* cultivé, il émet plusieurs hypothèses, la plupart basées sur le déséquilibre physiologique résultant du changement d'habitat des caféiers et des conditions culturales.

Le problème en était là à notre arrivée en A. E. F.

En 1949, à Boukoko, une parcelle de *Coffea neo-Arnoldiana* d'une superficie d'un hectare dépérissait. Nos recherches permirent de mettre en évidence l'agent responsable qui n'était autre que le *Fusarium xylarioides* Steyaert.

Ayant entrepris, en août de la même année, l'étude biologique et expérimentale de cette trachéomycose sur les deux espèces voisines *excelsa* et *neo-Arnoldiana*, nous avons pu découvrir que le *Fusarium* était en rapport avec une forme parfaite obtenue à partir de la forme conidienne en culture pure sur différents milieux nutritifs, ainsi qu'expérimentalement sur support naturel. Nous l'avons par la suite retrouvée abondamment sur presque tous les caféiers peu de temps après leur mort.

Une étude préliminaire, insérée dans notre rapport annuel 1949, a été reproduite dans le Bulletin de Boukoko (9).

Après la catastrophe des *Coffea excelsa*, les planteurs, sans se décourager, les avaient très rapidement remplacés par des *robusta* considérés comme réfractaires à la trachéomycose. Aujourd'hui cette culture occupe environ une dizaine de milliers d'hectares avec une production annuelle de 3 à 4.000 tonnes de café marchand, représentant la deuxième ressource agricole du Territoire après le coton.

Au cours d'une prospection dans les plantations de *robusta* de l'Oubangui-Oriental, en avril-mai 1950, nous avons pu y déceler pour la première fois des cas d'apoplexie, soit isolés, soit plus nombreux, atteignant parfois 8-10% des pieds. Les symptômes étaient identiques à ceux des *excelsa* morts de trachéomycose. Les isolements à partir de tissus internes des troncs donnèrent le développement du même *Fusarium* et nos expériences ont prouvé la réceptivité de *Coffea robusta* à l'égard de cette maladie.

Une deuxième tournée effectuée dans les mêmes régions que la première, en décembre 1950-janvier 1951, nous a permis de constater que les premiers foyers d'attaque sur *robusta* s'étendaient et que de nouveaux avaient fait leur apparition.

Dans une note à l'Académie des Sciences (7) faite en collaboration avec M. le Professeur R. HEIM et présentée par ce dernier, nous avons ensemble résumé les résultats de nos premières observations et études, et proposé pour la forme parfaite du champignon le nom de *Carbuncularia*.

Fin 1950, le Professeur Roger HEIM (6), à la suite d'une étude approfondie faite à partir des échantillons que nous lui avions envoyés, a publié un article dans lequel il donne le nom définitif, *Gibberella xylarioides* (STEYAERT) HEIM et SACCAS, à la forme parfaite.

Parallèlement, en Côte d'Ivoire, une affection, sévissant depuis 1937 dans les plantations de caféiers, fut pendant longtemps attribuée aux *Fomes*, *Fomes lignosus* KL. entre autres. C'est en 1950 que le phytopathologiste DELASSUS (1), après avoir accompli un stage au Laboratoire de Phytopathologie de Nogent, sous la direction de M. BOURIQUET, fut envoyé spécialement pour l'étude de cette épiphytie. Il mit alors en évidence que les nombreux agents considérés comme responsables du dépérissement des caféiers et englobés sous le nom de « pourridiés » ne jouaient qu'un rôle secondaire, le vrai parasite étant un *Fusarium* qu'il considéra, d'après les documents que nous lui avions envoyés sur notre étude et les caractéristiques de la forme parfaite en relation avec notre *Fusarium*, comme identique à celui que nous avions déjà isolé sur *C. excelsa* en Oubangui : *Fusarium xylarioides* STEYAERT.

C'est donc à M. DELASSUS que l'on doit la découverte de l'agent réel de la maladie des caféiers en Côte d'Ivoire. Ses premières observations et les cultures pures adressées à M. JACQUES-FÉLIX constituèrent pour ce dernier de précieux documents. A la suite d'une mission dans cette Colonie, M. JACQUES-FÉLIX (8) a publié une brochure dans laquelle est décrite sommairement la trachéomycose des caféiers de Côte d'Ivoire avec indication des moyens de lutte.

Au Congo Belge, FRASELLE (4) a également signalé la présence d'une trachéomycose dans les plantations de *Coffea robusta* de l'INEAC à Yangambi, de nature épidémique, causant 30-40% de mortalité. L'étude de cette fusariose l'a conduit à conclure qu'il ne s'agissait pas du *Fusarium xylarioides* mais d'un *Fusarium* du groupe *elegans* appartenant au sous-groupe *oxysporum*.

Ainsi donc, la trachéomycose des caféiers provoquée par le *Fusarium xylarioides* STEYAERT sévit sur *C. excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta* de l'Oubangui-Chari ainsi que sur différentes variétés de *canephora* de la Côte d'Ivoire.

Son étude approfondie, morphologique, biologique et expérimentale, entreprise à Boukoko, nous a permis de mettre en évidence certains faits et de dégager des conclusions d'intérêt pratique que nous allons ci-après exposer.

II. — LA MALADIE

A. — Généralités

1. Sur *Coffea excelsa*.

Nous venons de voir que ce caféier, s'étant révélé de grande valeur, entra dans l'exploitation agricole vers 1927-1929. Etant devenu peu après la proie d'une affection redoutable, sévissant tout d'abord à l'état sporadique, puis généralisée, ses plantations en Oubangui étaient presque complètement détruites en 1942, soit une douzaine d'années après l'apparition des premiers foyers. Quelques arbres épargnés et non brûlés par les feux de brousse meurent progressivement, à leur tour, de trachéomycose.

Jusqu'ici les auteurs considéraient le *Coffea excelsa* sauvage comme réfractaire à la maladie et attribuaient la sensibilité de l'arbre cultivé à des facteurs écologiques (non-acclimatement), édaphiques (sol) et d'ordre cultural (soins culturaux, taille, etc...) qui créaient un milieu favorable au développement d'un parasite, qui devait exister à l'état saprophytique dans l'habitat naturel et devenait virulent lorsque les conditions s'y prêtaient.

Ce n'est qu'en avril-mai 1950 que nous avons pu constater, en visitant les galeries forestières du Nord de Bangassou, dans les environs de Yalinga et Bakouma, et plus particulièrement dans les galeries forestières d'affluents du M'Bari, à proximité de Basso-Gongo (district de Rafaï), dans des peuplements assez denses de *C. excelsa*, la présence de caféiers malades ou morts de trachéomycose, tant parmi les pieds âgés que parmi les jeunes qui poussent au-dessous des arbres en

production (Phot. 1). L'écorce de leurs troncs, branches et rameaux, dont le bois était partiellement coloré en noir-violacé, portait dans ses crevasses des conceptacles agglomérés dont l'examen microscopique révéla qu'il s'agissait des périthèces de la forme parfaite du *Fusarium xylarioides*. La mise en culture de fragments prélevés dans les tissus internes colorés donna le développement de sa forme conidienne.

Il en résulte donc que les *Coffea excelsa* spontanés sont eux aussi attaqués par le parasite agent de la trachéomycose. Il faudra rechercher la cause de cette sensibilité non pas dans les facteurs écologiques, physiologiques et culturaux, mais plutôt physico-chimiques, pH du suc cellulaire en particulier. Les expériences effectuées sur l'action du pH du sol, de 4,5 à 7,7, n'ont donné aucun résultat permettant de définir son rôle.

Malgré la présence de la trachéomycose, les caféiers spontanés n'ont pas disparu car nous avons déterminé que la pénétration du parasite ne se fait que par une blessure et les jeunes pieds issus de graines tombées au sol remplacent ceux qui, par une cause quelconque, remplissent la condition précitée.



PHOT. I. — Jeune plantule de *C. excelsa* sauvage atteinte par la trachéomycose.

2° Sur *Coffea neo-Arnoldiana* et *Dewevrei*.

Sous le nom de *C. excelsa* sont englobées de nombreuses formes et espèces dites excelsoïdes constituant un ensemble fort hétérogène. D'après le Professeur CHEVALIER, l'*excelsa* ne vit que dans les galeries forestières des régions de savanes de la zone soudanaise tandis que, dans les régions forestières de la zone guinéenne entre 2° et 6° de latitude nord, on trouve le *C. Dewevrei* T. DURAND et DE WILDEM, aux feuilles plus longues et plus larges que la précédente, et ses intermédiaires *C. Dybowskii* PIERRE et *C. neo-Arnoldiana* CHEVALIER.

Ces dernières espèces sont également entrées en culture au même titre que l'*excelsa* et sous ce nom, surtout dans les plantations installées dans la région forestière de la Lobaye et des zones préforestières de la Basse-Kotto et du M'Bomou. Elles ont été décimées par la trachéomycose avec la même intensité que le vrai *excelsa*. Nos expériences entreprises dans les parcelles de *C. neo-Arnoldiana* de Boukoko ont prouvé la sensibilité et la réceptivité de cette espèce à l'égard du parasite.

3° Sur *Coffea robusta*.

Les désastres occasionnés par la trachéomycose dans les plantations d'*excelsa* furent la cause de son remplacement par *C. robusta*, introduit du Congo Belge, depuis longtemps cultivé dans cette colonie, et présent également dans quelques plantations du Bas-M'Bomou alors que les quatre cinquièmes des superficies cultivées en Oubangui l'étaient en *excelsa*.

Il fut planté soit sur les mêmes terrains, soit à proximité des plantations détruites. Dans les régions comprises entre Bangassou, Alindao, Grimari, Fort-Sibut et Boda, les conditions écologiques ne répondant pas parfaitement aux exigences d'une espèce qui craint beaucoup la sécheresse prolongée, les rendements sont faibles et instables.

Sa résistance vis-à-vis de la trachéomycose était considérée comme presque certaine par les spécialistes du caféier. C'était l'avis de FIGUÈRES (1939-1940) et de GUILLEMAT (1946). Ce dernier, cependant, déconseillait la culture du *robusta* qu'il jugeait anti-économique dans toutes les régions de savanes oubanguiennes pour des raisons climatiques. ESTÈVE (en 1942) expliquait la virulence de la maladie sur *excelsa* par le terrain favorable résultant de techniques culturales trop oublieuses du « physique des arbres ». Pour cet auteur, le *robusta* aurait trouvé la technique qui lui est parfaitement adaptée, tandis que l'*excelsa* n'aurait pas encore la sienne.

C'est en mai 1950 que nous avons observé pour la première fois de nombreux cas d'apoplexie, dans les plantations européennes, présentant les mêmes symptômes que les *excelsa* atteints par la trachéomycose. Par les coupes anatomiques, qui mirent en évidence la présence d'un mycélium abondant incolore ayant envahi les vaisseaux du bois et toutes les cellules des tissus voisins, par les cultures sur milieux nutritifs à partir de tissus internes des pieds malades qui donnèrent presque constamment le développement du *Fus. xylarioides,* enfin par les résultats positifs expérimentaux d'infections artificielles, nous avons pu conclure qu'il s'agissait de la maladie qui avait ravagé les *excelsa.*

Nous l'avons trouvée dans les deux plantations Santos (district de Kouango) où les *robusta* avaient, sur le même terrain, remplacé les *excelsa,* dont un certain nombre épargnés meurent progressivement ; chez Diel (district d'Ouango), plantation directe de *C. robusta* ; dans la plantation Artiaga de la Nomé (district de Bangassou), établie à proximité d'une ancienne plantation d'*excelsa* presque entièrement détruite et de laquelle témoignent encore de nombreux pieds morts et vivants ; un quatrième cas dans la plantation Camus à Vaugba (district de Bakouma) établie tout à côté des anciens *excelsa* ; enfin chez Jallat (district de Rafaï) située à 4 km de l'ancienne plantation et près d'une galerie forestière abritant des *excelsa* spontanés.

D'autres foyers ont été observés dans quelques plantations situées dans la zone forestière du district de M'Baiki mais avec un pourcentage de mortalité très faible.

Au cours d'une deuxième mission effectuée six mois après la précédente dans l'Est Oubangui, nous avons décelé de nouveaux cas : plantation Pavica (district d'Alindao) où dans les *robusta* subsistent les vestiges d'*excelsa* ; plantation Diemer (district de Bangassou) faite uniquement de *robusta* ; tandis que la maladie s'étendait là où elle existait déjà.

D'autres attaques nous ont été signalées depuis : La Koumbala (district de Kembé), Moura et Gouveia (Mobaye) et Sinarellis (Ouango).

De cet aperçu général, nous pouvons dégager les points suivants :

1° *Fusarium xylarioides* attaque les *C. excelsa* spontanés dans leur habitat naturel.

2° *C. Dewevrei, C. neo-Arnoldiana* et *C. robusta* sont également sa proie.

3° Les plantations de *robusta* atteints se trouvent à peu près au stade 1927-1933, comparativement à celles d'*excelsa.*

4° Dans la plupart des cas, les premiers foyers de contamination apparaissent dans les plantations établies soit sur le même terrain que les anciens *excelsa*, soit à leur proximité immédiate.

B. — Symptômes

Les trois espèces de caféiers étudiées (*excelsa, neo-Arnoldiana* et *robusta*), souffrant de trachéomycose, aussi bien naturelle qu'à la suite de contaminations artificielles, présentent les mêmes symptômes. Nous avons démontré expérimentalement que les premiers symptômes de la maladie se manifestent au bout d'une semaine à six mois, en fonction de l'âge des caféiers et surtout du volume de leurs tissus ligneux.

1° Cas général.

Au début de leur contamination, les caféiers ne présentent aucun signe extérieur permettant de déceler la présence du parasite Leur végétation et la croissance des jeunes pousses sont normales. Seul un examen microscopique permet de déceler la présence du mycélium à l'intérieur des tissus.

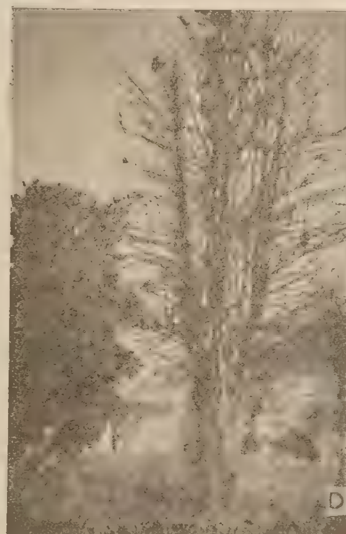
Puis brusquement, la végétation s'arrête, les bourgeons terminaux des jeunes pousses noircissent ; les feuilles des extrémités tendres présentent, au début, le long des nervures principales, des bandes chlorotiques qui ne tardent pas à gagner l'ensemble du limbe. Toutes les feuilles des pousses terminales jaunissent, deviennent flasques, pendent vers le sol, brunissent, puis noircissent en se recroquevillant. Les jeunes pousses qui les portent noircissent également (Pl. I et II).

Quelques jours après la manifestation de ces premiers symptômes, la maladie se généralise. L'ensemble du feuillage jaunit, puis brunit et noircit en s'enroulant dans le sens de la nervure principale ; les rameaux puis les branches se dessèchent et finalement l'arbre tout entier meurt.









Pl. I. — A, B, C : Aspect de caféiers *excelsa* âgés de quatre ans, atteints par la trachéomycose, aux différents stades de son évolution.
D : *C. excelsa* âgé de quinze ans, mort de trachéomycose.



Pl. II. — A-G : Différents aspects de l'évolution de la maladie sur caféiers *excelsa* contaminés artificiellement avec des conidies prélevées sur cultures artificielles. H, I : *Coffea robusta* atteints de trachéomycose.

Les feuilles, noircies, recroquevillées et desséchées, restent attachées sur les rameaux puis tombent en masse sur le sol. Les caféiers ainsi dénudés offrent l'aspect d'arbres ayant souffert des ravages d'un incendie.

Ces symptômes, les plus fréquents, se manifestent quand l'infection s'est produite par le tronc, près du collet ou un peu audessus.

2° Cas particulier.

Parfois les premiers symptômes de la maladie apparaissent unilatéralement, sur une seule branche dont les feuilles des extrémités se dessèchent, ainsi que peu après les pousses, les rameaux et la branche tout entière, tandis que le reste de l'arbre paraît intact. Cet aspect peut se prolonger pendant plusieurs semaines, même plusieurs mois s'il s'agit de caféiers âgés.

Progressivement, la maladie devient circulaire, gagne les autres branches et le caféier tout entier meurt sous l'action du parasite.

Nous avons observé ce cas plusieurs fois dans la Nature, nous l'avons également obtenu par inoculations artificielles. En examinant avec attention la branche primitivement affectée, on observe une blessure, ou un rameau cassé, qui a servi de porte d'entrée au parasite.

3° Observations diverses.

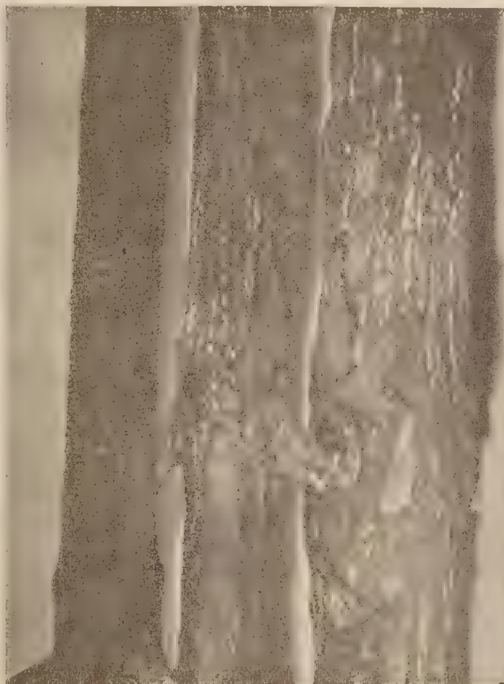
Quand la maladie débute au cours de la saison sèche, lorsque la circulation de la sève est moins intense et l'élongation des jeunes pousses pratiquement arrê-

tée, outre les symptômes que nous venons de décrire, visibles aux extrémités, on constate sur les feuilles de grandes taches brunes apparues brusquement et qui s'étendent rapidement à l'ensemble du limbe. Celui-ci noircit et se recroqueville. Les rameaux noircissent aussi et meurent.

L'examen attentif du système radiculaire des pieds arrachés, morts ou mourants, ne permet de déceler aucune trace de mycélium ni de cordonnets d'un pourridié quelconque. Les racines se présentent tout à fait normales.

Quant aux parties aériennes, examinées peu avant et aussitôt après la mort, elles portent des jeunes pousses et rameaux noircis tandis que l'écorce du tronc et des branches est fendillée longitudinalement et irrégulièrement sur toute sa surface. De trois jours à une semaine après la mort complète, sur les jeunes pousses et les rameaux âgés de un à deux ans, se développe presque toujours un feutrage mycélien blanc-rosâtre ou blanc-crème, d'aspect parfois farineux, constitué par les fructifications conidiennes du *Fusarium xylarioides*.

Cette efflorescence mycélienne disparaît au bout de quatre à cinq jours. Il se forme à sa place d'abondants corpuscules (périthèces) bleu-noirâtre, agglomérés, rugueux au toucher, bien visibles à l'œil nu, qui font irruption par les fendillations de l'écorce, en lignes longitudinales : la forme parfaite — *Gibberella* (*Carbuncularia*) *xylarioides* — a remplacé la forme conidienne. Elle contient les asques et ascospores, organes de propagation de la maladie (Phot. 15).



PHOT. 15. — Rameaux de *Coffea excelsa* présentant après leur mort les efflorescences conidiennes de la forme fusarienne ainsi que les périthèces.

La formation abondante de périthèces n'a lieu généralement que sur les caféiers *excelsa* et *neo-Arnoldiana*. Sur *robusta*, elle est beaucoup plus rare et moins abondante, parfois absente.

Au niveau, ou un peu au-dessus du collet, on constate quelques jours après la mort des caféiers que l'écorce devient spongieuse, puis cassante, se détachant facilement, avec l'ongle, du cylindre central qui présente des traînées longitudinales de coloration brun-violacé bien caractéristique.

4° Aspect macroscopique du bois des caféiers atteints.

Les fibres du bois sont, par plages, brunâtres ou colorées en brun-violacé. Les sections transversales faites dans une tige montrent que les taches sont plus étendues du côté qui correspond certainement à celui par lequel la maladie a commencé. La coloration est plus accentuée vers les couches annulaires extérieures.

En sections longitudinales, on constate que les traînées colorées des fibres traversent le tronc d'un bout à l'autre, progressivement atténuées vers le sommet ainsi que vers les extrémités de la racine pivotante. Les taches, au début peu étendues, peuvent parfois occuper l'ensemble du cylindre central quand les arbres sont morts depuis longtemps, surtout sur les très jeunes sujets.

Après la mort des caféiers, le bois des racines, surtout proches du collet, se colore également en brun-foncé ou brun-violacé à reflet rosâtre. Sur pieds morts portant des racines horizontales superficielles exposées en partie à l'air libre et blessées, à cylindre central fortement coloré sur presque l'ensemble des fibres, on observe en faisant des coupes successives à partir de la blessure et progressivement vers le sommet de la tige et l'extrémité de la racine pivotante, que la coloration s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne vers les extrémités, jusqu'à disparaître : ce qui montre que l'infection s'est faite par la blessure de ces racines superficielles.

C. — Propagation de la maladie

Répartition des foyers dans l'espace et mode de progression de la maladie dans les plantations

Certains auteurs, qui s'y sont intéressés, pensaient tour à tour que la maladie se propageait, à partir du premier foyer d'infection, soit en lignes, laissant supposer une transmission du parasite par les instruments de culture, soit en taches d'huile, par le sol et dans le sol.

Afin d'essayer de définir le mode de progression de la maladie, nous avons porté nos observations sur trois parcelles de caféiers où les premiers foyers s'étaient manifestés :

1. Parcelle de *Coffea neo-Arnoldiana*.

Superficie 1 hectare, plantée en juin 1945 sur un sol riche après abattage de la forêt.

Nombre d'arbres plantés : trois cent quarante-deux disposés en lignes de 6 m × 5 m (sur et dans les lignes).

Les premiers symptômes s'étaient manifestés en 1945 sur huit arbres alors âgés de trois ans, isolés à l'intérieur de la plantation.

En 1947, le nombre des arbres morts ou atteints par la maladie avait sensiblement augmenté : on en relevait une cinquantaine disposés à l'intérieur de la plantation isolément ou par groupes de deux à trois pieds, les nouvelles attaques étant toujours éloignées des premières.

Le relevé de septembre 1948 met en évidence la formation de nombreuses taches autour des foyers existants et de nouvelles infections isolées au milieu des arbres apparemment sains. En trois ans, plus de la moitié des arbres de la parcelle sont morts.

En réunissant par une ligne les arbres morts ou mourants depuis l'apparition de la maladie jusqu'à cette époque (voir tableau p. 463), on constate que la forme et l'étendue des zones atteintes sont très variables, n'expliquant aucun processus de progression de la maladie à partir des points primaires d'infection.

En mai 1949, il ne restait que dix arbres vivants disséminés dans la plantation, et en novembre de la même année, trois seulement.

2. Parcelle de *Coffea excelsa*.

Comportant quatre lignées de dix caféiers chacune, plantés à 5 m de distance, sélectionnées et supposées résistantes, provenant du Jardin Territorial du Km 22 (Bangui).

L'apparition de la maladie a eu lieu le 25 septembre 1949. Le tableau ci-dessous montre sa progression en trois mois :

M 5	X	X	X
X	X	X	X
M 2	M 4	X	M 7
X	X	X	X
X	X	X	M 1
X	M 7	M 3	X
X	X	X	X
X	X	X	M 6
M 2	M 2	X	X
X	M 2	X	M 7
B 28	**A 29**	**A 28**	**A 24**

LÉGENDE : X = Pieds vivants
M = Pieds morts
1 = — — le 25/9/1949
2 = — — 25/10/1949
3 = — — 2/11/1949
4 = — — 5/11/1949
5 = — — 17/11/1949
6 = — — 3/12/1949
7 = — — 22/12/1949

Tableau indiquant l'évolution de la trachéomycose de fin 1945 a fin 1949 dans une parcelle de *C. neo-Arnoldiana* (Boukoko).

 arbres morts en 1945-46.

 » » » 1947.

 » » » 1948

 » » au début 1949.

 » » au cours de 1949

 » atteints à la fin de 1949.

 » non atteints.

Conclusions : Au bout de trois mois, la mortalité atteignait :

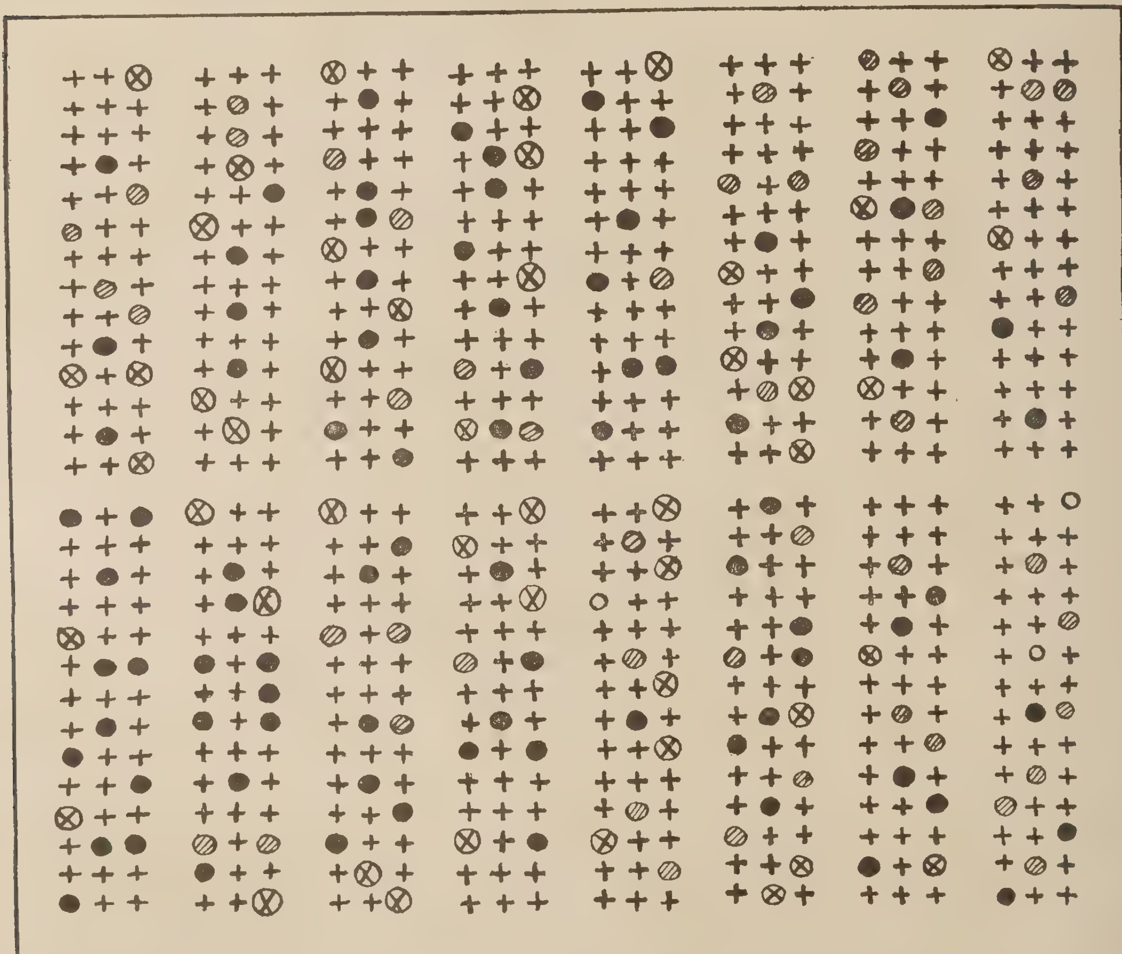
Lignée A 24	40 %
— A 28	10 %
— A 29	40 %
— B 28	30 %

De plus, la maladie s'est manifestée au hasard et a progressé de même.

3. Pépinière de *Coffea excelsa*.

Plus démonstratives à ce point de vue sont les observations faites dans une ancienne pépinière de 3.000 m² de superficie, composée de cinq mille pieds plantés en 1945 en planches de trois lignes, et à 0,30 × 0,40 m de distance les uns des autres. Ces pieds, provenant du Km 22, étaient sélectionnés et supposés résistants.

Les premiers foyers ont apparu en septembre 1949 : trois pieds morts isolés. L'extension prise sur le terrain jusqu'à la fin de 1950 est indiquée par le tableau suivant représentant une partie de la pépinière :



○ arbres morts le 3- 9-1949
● » » » 6- 4-1950
⊘ » » » 17- 7-1950
⊗ » » » 7-12-1950
+ » non atteints » »

La répartition des pieds attaqués est telle qu'elle permet d'éliminer toute hypothèse de propagation en lignes ou en taches d'huile. Elle ne se fait pas non plus par le sol puisque, malgré la distance très réduite séparant les caféiers dont les racines se touchaient, les pieds atteints étaient souvent entourés de pieds vivants ne présentant aucun signe de contamination, même après la mort des premiers ; d'autre part, les pieds malades apparaissaient isolément, n'intéressant que rarement deux ou trois caféiers groupés, ainsi que nous l'avons encore récemment observé dans les plantations de *robusta*.

Par ailleurs, les plants de cette pépinière, abandonnée depuis longtemps, n'avaient subi pendant toute la période de nos observations ni binages, ni sarclages, ni taille : ainsi se trouve rejetée la supposition émise, jadis, que la maladie progressait en lignes d'un arbre à l'autre par suite des contaminations par les instruments de culture. Seuls les caféiers blessés étaient atteints.

Nos observations faites dans ces trois parcelles nous amènent à conclure que :

a) la progression de la maladie à partir des premiers foyers se fait suivant un processus mal défini que l on peut attribuer au hasard ;

b) la propagation d'un arbre à l'autre ne se fait ni par le sol, ni dans le sol, mais uniquement par les parties aériennes.

III. — ÉTUDE MICROSCOPIQUE

Le parasite, isolé aseptiquement à partir de fragments de caféiers *excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta* malades, fut cultivé comparativement sur les milieux nutritifs artificiels gélosés (Difco) suivants : potato-dextrose-agar, prune-agar, Sabouraud-dextrose-agar, Lima bean-agar, et sur milieux naturels : tranches de pomme de terre, de carotte, de papaye et rameaux de *Coffea*.

L'étude approfondie des caractères culturaux et microscopiques a été faite pour chaque milieu. Elle fait l'objet d'une publication séparée. Nous les résumerons seulement ci-après :

A. — Caractères culturaux

L'étude comparative du *Fusarium xylarioides* sur les différents milieux nutritifs précités a permis de mettre en évidence un certain polymorphisme dans l'aspect des caractères culturaux, quelques-uns d'entre eux étant constants dans la plupart des milieux, à savoir :

Mycélium aérien à végétation pauvre ; colonie évoluant en zones concentriques ; aspect des colonies gluant donnant l'apparence d'une culture bactérienne ; plectenchyme mince peu développé ; sécrétion des pigments bleu-violacé, bleu-verdâtre et bleu-noir-violacé, parfois nulle ; présence de pionnotes, sclérotes et périthèces plus ou moins abondants suivant les milieux, tandis que sur tranches de pomme de terre, le mycélium est abondant, floconneux, blanc-jaunâtre, avec pigment bleu-verdâtre intense et les pionnotes, sclérotes et périthèces abondants.

B. — Biométrie

Moyennes générales des macroconidies

I. — Sur milieux nutritifs.

0 sept.	27 %	11,27 × 2,35	(8 -16,5 × 1,7-3,4) μ
1 sept.	46,75 %	14,36 × 2,45	(9,5-21,8 × 1,8-3,5) μ
2 sept.	17,75 %	18,95 × 2,47	(13,5-25,2 × 2,1-3,5) μ
3 sept.	7,25 %	23,29 × 2,58	(17,3-29,5 × 2,1-3,6) μ
4 sept.	0,25 %	22,9 × 2,65 μ	

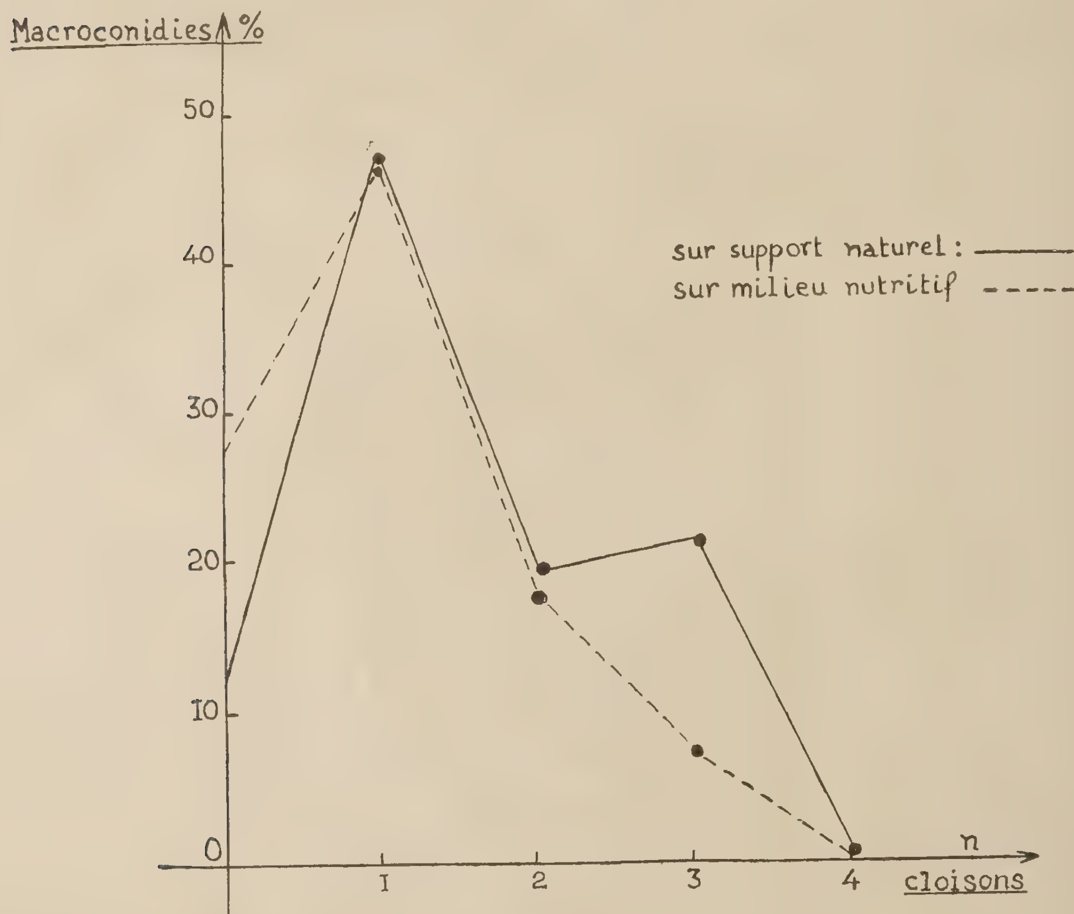
II. — Sur support naturel (*Coffea excelsa* et *neo-Arnoldiana*).

0 sept.	11,75 %	11,63 × 2,36	(8,5-14,2 × 1,8-2,9) μ
1 sept.	47 %	14,87 × 2,7	(9,3-19,5 × 2,1-3,6) μ
2 sept.	19,25 %	19,79 × 2,8	(15 -25,5 × 2,1-3,75) μ
3 sept.	21,5 %	24,2 × 2,7	(16 -28,3 × 2,1-3,6) μ
4 sept.	0,5 %	23,8 × 2,6 μ.	

Rappelons les diagnoses des précédents auteurs : STEYAERT (R. L) en donnait, en 1948 (10), la suivante du *Fusarium xylarioides* cultivé sur potato-dextrose-agar (Difco) :

Mycélium aérien blanc, rasant la surface du milieu de culture, formations sclérotioïdes noires à ramifications arbusculiformes rappelant l'aspect de petits xylaires. Elles perdent leur aspect ramifié au cours de repiquages répétés et finissent par donner une pellicule noire recouvrant la surface du milieu.

GRAPHIQUE. — *Pourcentage des macroconidies en fonction de leur nombre de cloisons.*



Microconidies abondantes, allantoïdes, formées en capitules sur conidiophores courts, peu ramifiés ; 5-10 × 2-3,75 μ.

Macroconidies moins abondantes, partie centrale de la conidie cylindrique ou à courbures parallèles, sommet nettement recourbé, base appendiculée mais non apparemment pédiculée :

1 sept.	14,2 -3,25	(10-17,5 × 2,5-3,75) μ
3 sept.	16,65-3	(13,75-20 × 2,5-3,75) μ
4 sept.	22,5 -3,75 μ	

GUILLEMAT (J.) mentionnait en 1946 (5) que les macroconidies sont légèrement incurvées ou droites, 2-3 septées, mesurant 20-25 × 4-5 μ.

C. — Etude morphologique du Champignon

L'étude morphologique du *Fusarium xylarioides* a été faite comparativement non seulement sur support naturel et sur cultures artificielles, mais surtout en cellules de Ranvier contenant une mince couche de milieu nutritif gélosé, dans une atmosphère saturée d'humidité, à 27° C., ce qui nous a permis de suivre l'aspect du mycélium, le mode de formation des conidies et leur disposition sur les conidiophores.

1° Le mycélium (fig. 1).

L'aspect du mycélium tel qu'on l'observe dans les vaisseaux du bois en coupes longitudinales est comparable à celui qui se développe sur milieux nutritifs.

Jeune, il est incolore, cylindrique, cloisonné à des espaces plus ou moins réguliers, mesurant 3-4 μ de diamètre.

Plus âgé, il est subhyalin ou faiblement jaunâtre, à contour irrégulier, de 3-7 μ de diamètre, très articulé, présentant dans son parcours des renflements globuleux — surtout sur les articles où des ramifications prennent naissance — avec des constrictions et des dilatations de diamètre variable suivant leur position, surtout à l'intérieur des cellules des tissus. Au fur et à mesure qu'il s'allonge, le mycélium se ramifie en un réseau très dense. Ces ramifications naissent de part et d'autre des articles, entre deux cloisons, faisant un angle de 70 à 90° par rapport aux filaments-mères. Au bout de quelques jours se sont formées des fructifications d'ordre secondaire, tertiaire et ainsi de suite. Très souvent, aussi bien dans les vaisseaux qu'en culture, on observe des synnémas constitués par l'agglomération de deux à cinq filaments parallèles accolés les uns aux autres. Cette disposition, fréquente dans les vaisseaux du bois, en provoque l'obstruction presque complète empêchant la circulation de la sève ascendante.

A l'intérieur du mycélium, nous avons observé de nombreuses gouttelettes lipidiques réfringentes. Leur coloration *in vivo* par le Soudan noir les met en évidence sous forme de petits globules, noirs, sphériques ou ovales, agglomérés ou dispersés dans le cytoplasme.

Tous les filaments contiennent de nombreuses vacuoles généralement rondes ou ovales, parfois même filiformes ou fusoïdes. Dans le mycélium jeune, elles sont nombreuses et petites, irrégulièrement disposées dans le cytoplasme, plus grandes dans le mycélium âgé, pouvant occuper la presque totalité de la cavité du filament. Leur coloration vitale au rouge neutre a permis d'observer à l'intérieur des vacuoles des précipités métachromatiques soumis à des mouvements browniens.

Par coloration avec la Liqueur de Melzer, nous avons constaté la présence de glycogène à l'état diffus dans certaines parties du cytoplasme, surtout au voisinage des cloisons transversales.

2° Conidiophores. Microconidies. Macroconidies.

a) *Microconidies* (fig. 2). — Très abondantes aussi bien dans les milieux de culture que sur support naturel ; elles se forment au bout de trois à quatre jours après la mise en germination des spores en cellules de Ranvier dans les conditions de température et d'humidité précitées, ainsi que sur milieux de culture.

Elles se forment aux extrémités de courts filaments, ou conidiophores, dressés à angle presque droit, ou légèrement inclinés, de part et d'autres des hyphes rampantes généralement jeunes, entre deux cloisons. Cylindriques jusqu'aux deux tiers de leur longueur et s'amincissant progressivement au delà pour devenir aigus vers le sommet, les conidiophores sont continus, simples, rarement à une ou deux ramifications et mesurent 10-30 × 3-4 μ.

Les microconidies naissent à leurs extrémités par bourgeonnement. La formation d'une deuxième conidie ne se produit qu'après le détachement de la première. Une courte élongation du conidiophore précède chaque formation de conidie. Ainsi, à 27° et dans une atmosphère saturée d'humidité, nous avons enregistré la formation de vingt-deux microconidies à partir d'un seul conidiophore dont la longueur est passée de 10 à 25 μ. Les microconidies ainsi détachées restent agglomérées autour de l'extrémité du conidiophore, maintenues par un mucus et formant des fausses têtes.

La naissance des conidiophores se fait au fur et à mesure de la croissance des hyphes mycé-

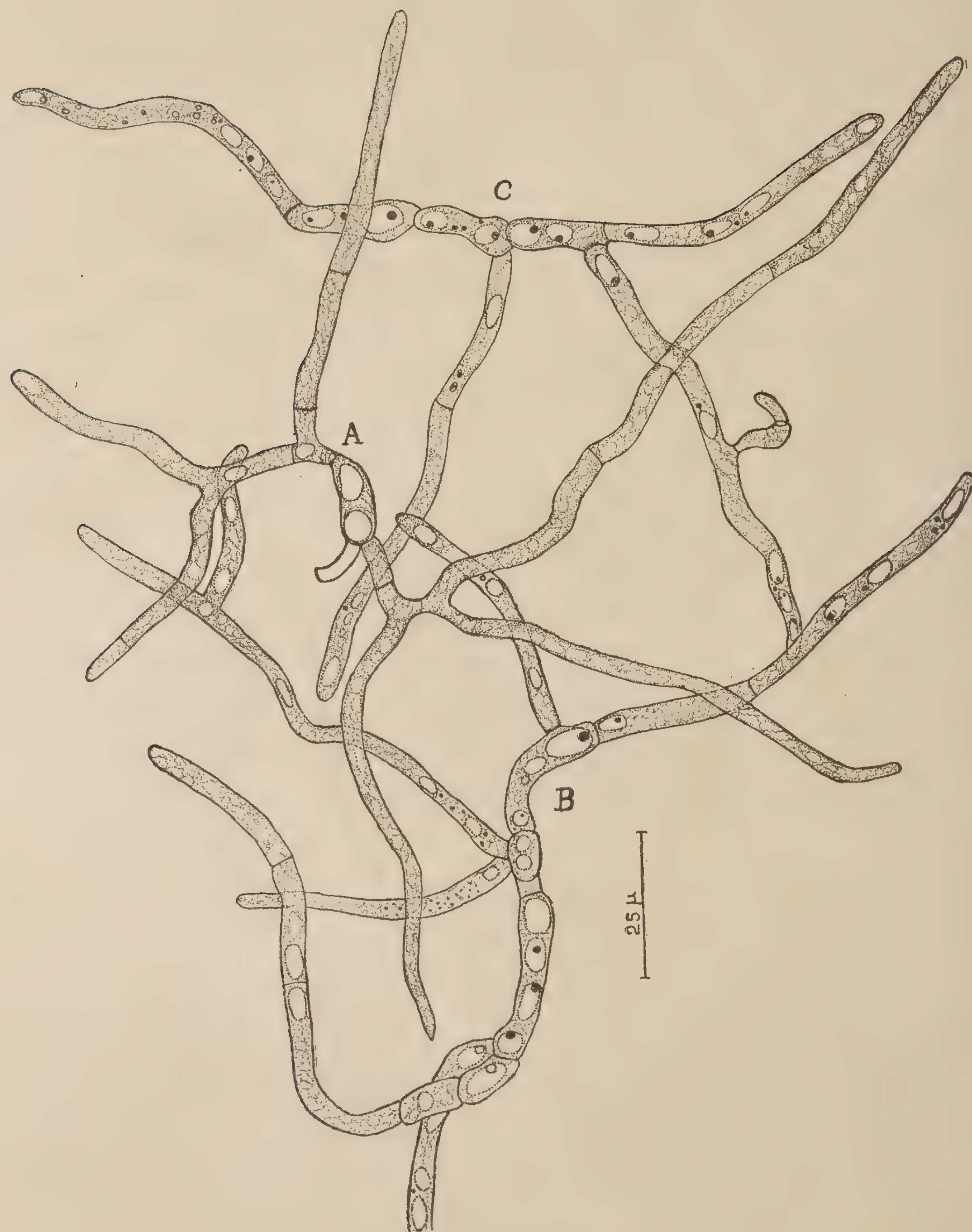


FIG. 1. — Mycélium jeune, avec vacuoles, après coloration au rouge neutre.
Observé en cellule de Ranvier.

liennes. Parfois, l'extrémité d'une hyphe produit des microconidies pendant une certaine période puis devient végétative en s'allongeant comme un simple filament.

Parfois, nous avons observé, en faisant des coupes longitudinales dans le bois mort depuis longtemps, la formation de quelques microconidies uniquement dans les vaisseaux du bois, et plus rarement la formation de macroconidies.

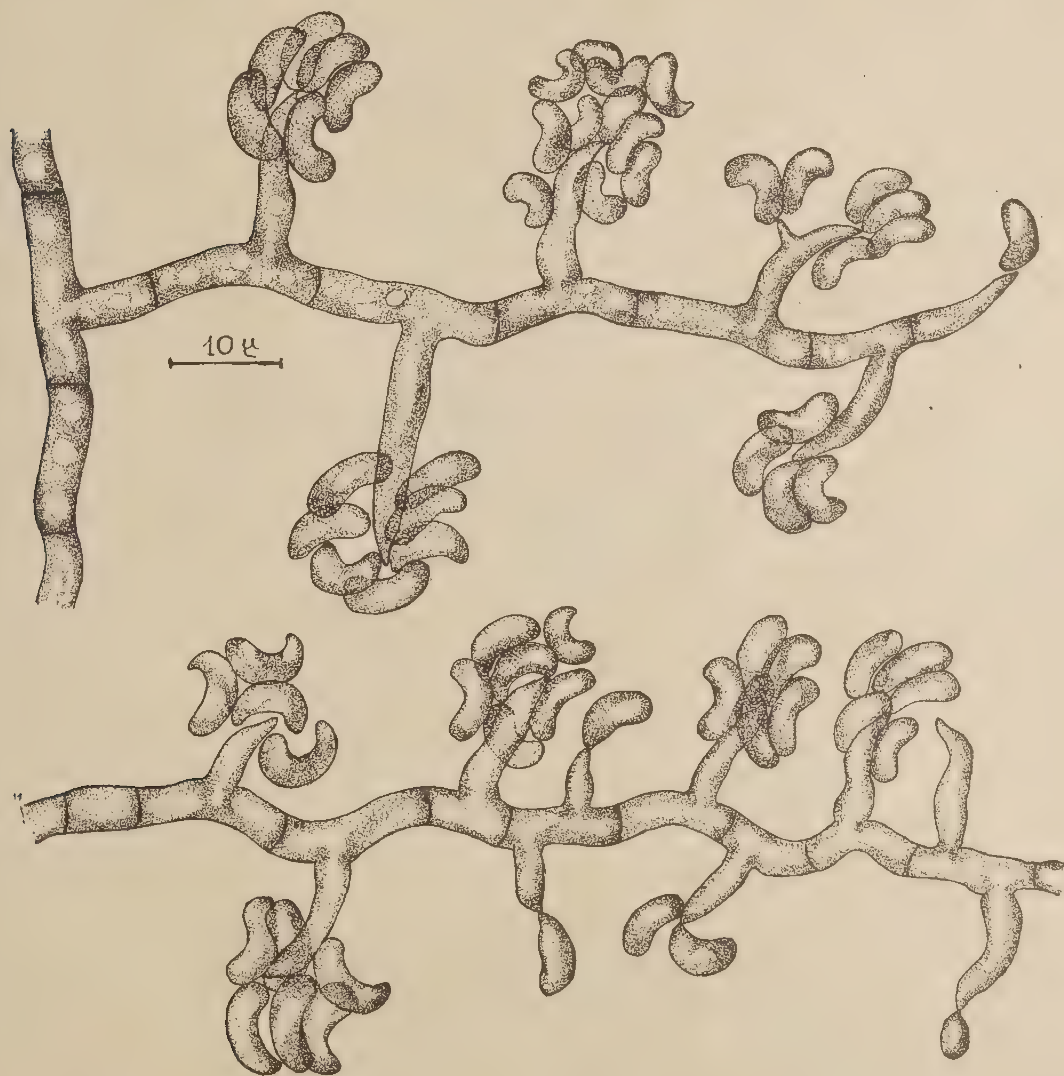


Fig. 2. — Mycélium portant les conidiophores avec microconidies disposées en fausses têtes, observées en cellule de Ranvier quarante-huit heures après germination à 27° C.

Les microconidies sont toujours unicellulaires, à cytoplasme granuleux contenant deux vacuoles arrondies, à membrane mince et incolore. Leur forme est peu variable, le plus souvent allantoïdes à courbure régulière, ou cylindriques droites, subcylindriques virguliformes, parfois même cylindro-ovoïdes; aux extrémités arrondies, rarement à base acuminée.

Les dimensions varient, suivant les milieux : 4,5-10,5 × 2,3-3,5 µ.

b) *Macroconidies* (fig. 3). — Elles apparaissent longtemps après que la formation des microconidies a commencé, aussi bien sur support naturel que milieux de culture.

Elles naissent sur des conidiophores verticillés très ramifiés qui se forment par bourgeonnement entre deux cloisons sur des filaments rampants. Assez souvent, ces conidiophores proviennent de la transformation des conidiophores à microconidies par ramifications de ces derniers.

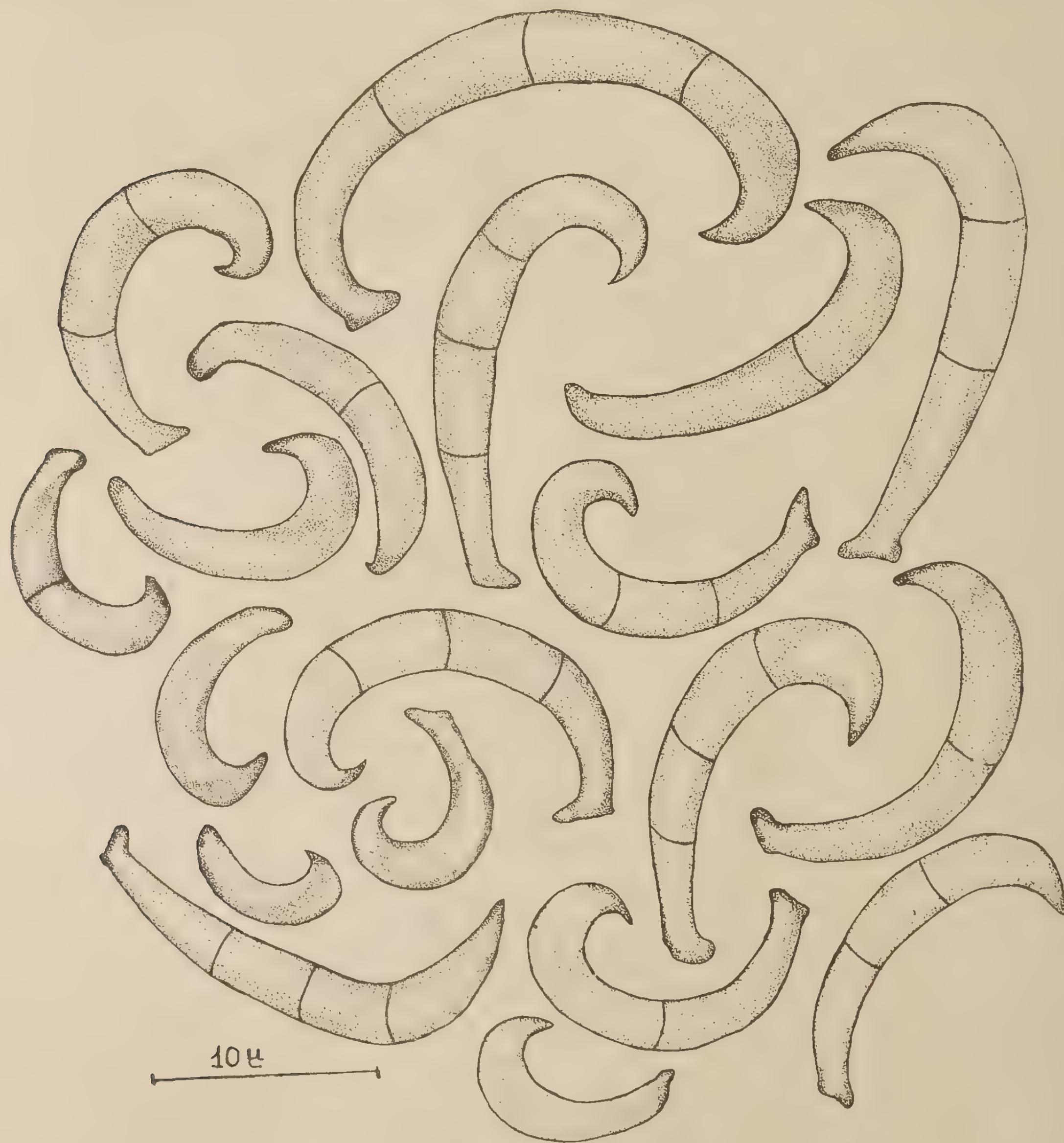


Fig. 3. — Macroconidies du *Fusarium xylarioides*.

Au début courts, 15-20 μ, ils portent chacun à leur sommet un bouquet de trois à six phialides le plus souvent quatre, au sommet desquelles naissent les macroconidies. L'une de ces phialides, après la formation de quelques conidies, s'élargit et donne un deuxième étage de phialides

toujours par trois à six ; de même pour les autres. Ainsi sur un conidiophore verticillé âgé, on observe l'axe principal qui, de distance en distance, porte des ramifications latérales de premier et deuxième ordres partant du même niveau autour de l'axe en verticille (fig. 4).

Cette disposition verticillée des conidiophores ne constitue pas une règle générale, parfois les ramifications apparaissent irrégulièrement.

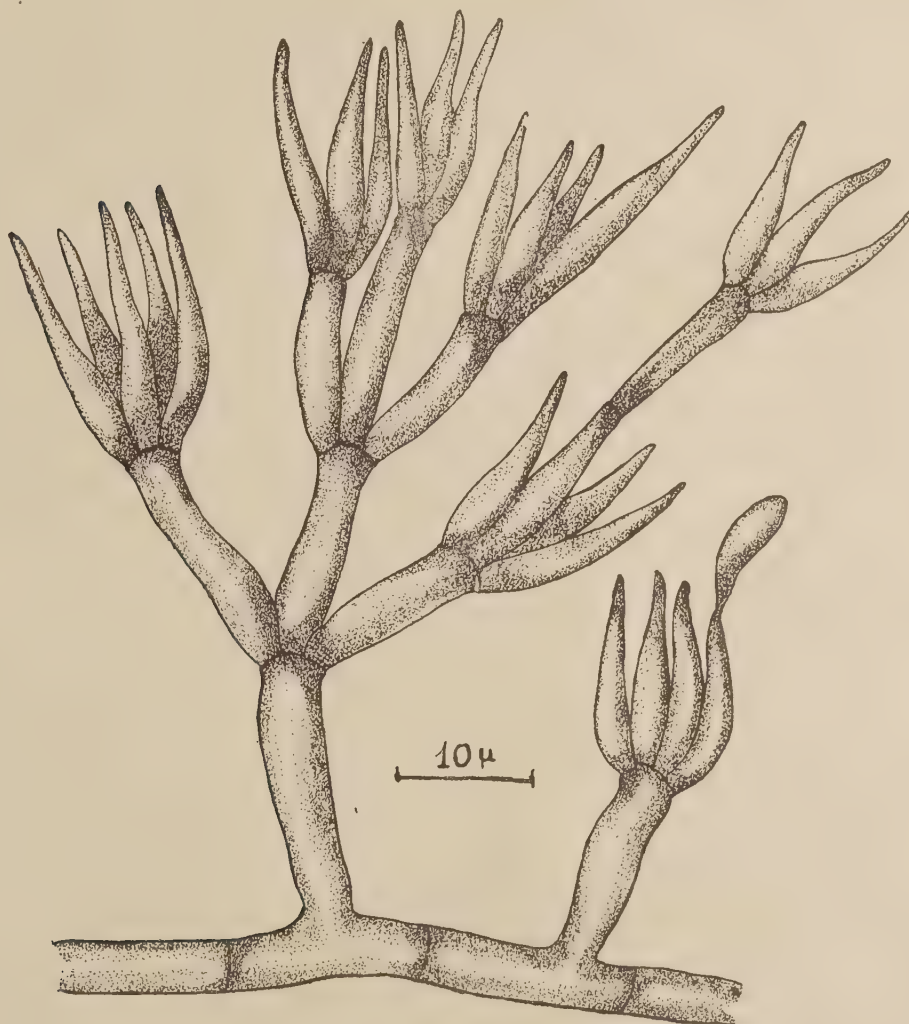


Fig. 4. — Conidiophores verticillés sur lesquels naissent les macroconidies observées en cellule de Ranvier, après soixante heures à 27° C.

Les phialides portant les macroconidies mesurent 15-25 × 2,5-3,5 μ. Les conidiophores sont incolores comme en général tous ceux des champignons de la famille des Tuberculariacées.

Les macroconidies sont généralement peu nombreuses, dans certains milieux parfois même rares. Leur forme, comme nous l'avons vu précédemment, est assez variable ; fréquemment falciformes, le plus souvent en forme de croissant, parfois subrectilignes ; maximum diamétral placé sur la moitié supérieure ; avec le sommet brusquement recourbé en crochet, rarement à cour-

bure modérée, se terminant en un bec effilé aigu, arrondi, ou peu différencié ; base nettement pédiforme ou presque indifférenciée, tétiniforme, subconoïde ou large et arrondie.

Elles sont unicellulaires, le plus fréquemment uni et biseptées; à trois cloisons absentes dans certains milieux de culture, peu nombreuses mais présentes dans d'autres et sur support naturel ; à quatre cloisons, très rares ou absentes ; leurs dimensions varient, suivant les milieux et le nombre de septations, de 8-29,5 × 1,8-3,7 μ.

Leur cytoplasme porte de nombreuses vacuoles arrondies, ovoïdes ou ellipsoïdes en nombre et de taille variables suivant l'âge des cellules : deux à quatre, grandes, quand les conidies sont âgées ; nombreuses et petites dans les conidies jeunes.

3° **Chlamydospores** (fig. 5).

Nombreuses, peu nombreuses, parfois même rares ou absentes, suivants les milieux nutritifs ; se formant généralement dans les cultures âgées ; rares sur le support naturel, mais toujours présentes.

Mycéliennes, unicellulaires ou bicellulaires, globuleuses, à membrane externe toujours lisse, très épaisse ; 6-14 × 5-12 μ.

Conidiennes, toujours unicellulaires, intercalaires, terminales et latérales ; généralement une à chaque macroconidie, assez souvent deux, rarement trois. Elles se forment dans les conidies unicellulaires, le plus souvent dans celles à 1-3 septations ; globuleuses, ovoïdes, elles sont plus petites que les mycéliennes : 5-9 × 4,5-7 μ. Leur membrane est toujours épaisse et lisse.

Il est intéressant de signaler que la formation des chlamydospores mycéliennes est très fréquente dans les vaisseaux du bois. GUILLEMAT, en 1946, avait fait la même observation.

De cette étude micrographique et morphologique, il résulte que le *Fusarium* que nous avons isolé sur *Coffea excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta*, agent responsable de la trachéomycose, est le même parasite que GUILLEMAT et STEYAERT avaient isolé et que ce dernier avait décrit sous le nom de *Fusarium xylarioides*.

Son étude sur support naturel et sur milieux nutritifs nous permet de le caractériser ainsi :

1° présence de microconidies très abondantes dans tous les milieux, unicellulaires, allantoïdes, cylindriques, subcylindriques, disposées en fausses têtes sur de courts conidiophores simples, très rarement ramifiés ;

2° présence de macroconidies moins nombreuses : 0 à 3-septées rarement, avec prédominance de celles à une cloison dans tous les milieux, celles à zéro et deux sont également assez nombreuses, celles à trois peu nombreuses et dans certains milieux absentes ; fusoïdes, en forme de croissant, à courbures parallèles, subrectilignes, à sommet recourbé en bec aigu ou arrondi, parfois même très infléchi ; à base pédiforme, indifférenciée ou tétiniforme ;

3° présence de chlamydospores mycéliennes, conidiennes, uni ou bicellulaires, à parois épaisses et presque incolores, intercalaires, terminales et latérales, même dans les vaisseaux du support naturel ;

4° présence de pionnotes gluants, étalés ou globuleux, jaune-orangé-saumon, dans tous les milieux ;

5° présence de sclérotes et périthèces bleu-noirâtre ;

6° formation de colonies d'aspect gluant donnant l'apparence d'une colonie bactérienne ; mycélium à végétation aérienne très pauvre ou presque nulle, sauf sur tranches de pommes de terre, à plectenchyme généralement peu développé et surtout apparition de pigments bleu-violacé, bleu-verdâtre et bleu-noir à reflet violacé.

STEYAERT n'ayant pas observé de chlamydospores avait rangé ce *Fusarium* dans le groupe des *Arachnites* de WOLLENWEBER et REINKING (11). Mais, d'après ces auteurs, les *Fusarium* du groupe *Arachnites* sont caractérisés :

a) par des macroconidies non pédiformes et un mycélium longuement filamenteux,

b) par des microconidies absentes ou rares,

c) par l'absence totale de chlamydospores,

d) par l'absence de sclérotes.

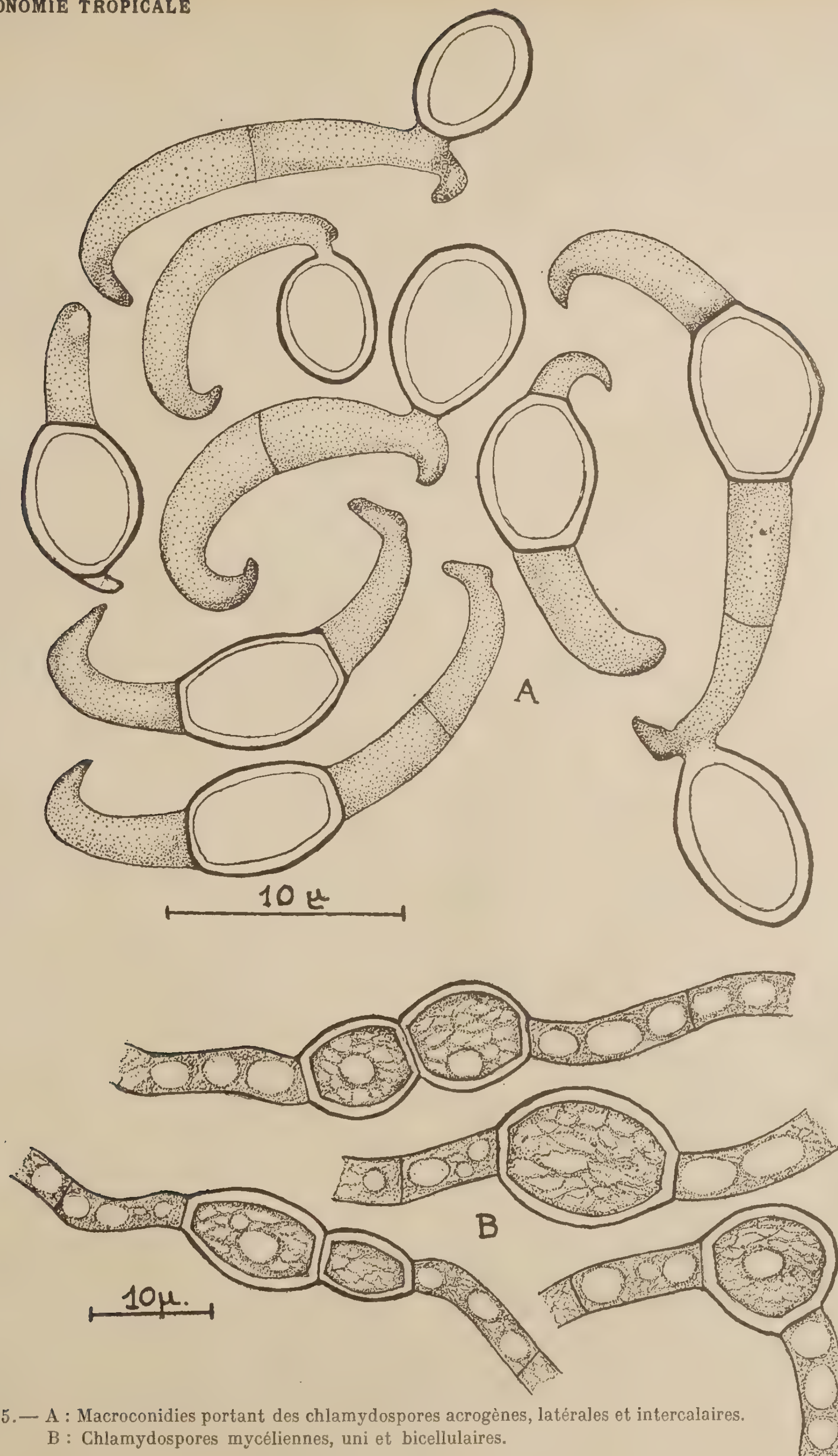


Fig. 5.— A : Macroconidies portant des chlamydospores acrogènes, latérales et intercalaires.
B : Chlamydospores mycéliennes, uni et bicellulaires.

Le *Fusarium xylarioides*, par les caractères que nous avons énumérés auparavant, s'éloigne de ce groupe.

La forme ascosporée de ce *Fusarium* a été rangée dernièrement par le Professeur HEIM (6), dans le genre *Gibberella*, ceci explique que sa forme conidienne entre dans le groupe *Liseola* (*).

LA FORME PARFAITE

Gibberella (Carbuncularia) xylarioides

Dès septembre 1949, en plaçant en chambre humide sous cloche et à la température ambiante (24-26° C.) des fragments de racines, tiges et rameaux de caféiers *excelsa*, âgés de trois ans atteints de trachéomycose, à part le développement de la forme conidienne, nous avions observé sur toute la surface, et surtout les sections de ces fragments, la formation de nombreuses masses agglomérées ou éparses, orangé-saumon, devenant par la suite bleu-noirâtre et qui, au bout d'un à deux mois, pouvaient atteindre 1-1,5 mm de long avec des ramifications arbusculiformes à surface irrégulière, rugueuse, et dures au toucher donnant l'apparence de sclérotes.

Ces mêmes corps observés par STEYAERT — également par GUILLEMAT — dans des cultures artificielles sur milieu de potato-dextrose-agar (Difco), avaient conduit l'auteur à donner le nom de *xylarioides* à ce *Fusarium* à cause des masses sclérotioïdes qu'il comparait à de petits xylaires.

Leur examen microscopique nous permit de constater qu'elles se composaient d'un abondant stroma mycélien, d'origine très profonde et en rapport avec un mycélium incolore qui avait envahi les cellules et les vaisseaux du bois les colorant en bleu-noir violacé. Ce stroma, en se développant à l'air libre, à partir d'une certaine longueur s'étalait, donnant de nombreuses ramifications sur lesquelles reposaient de nombreuses masses ovoïdes creuses à l'intérieur, constituant de jeunes périthèces.

Un mois plus tard, nous constations que ces nombreux périthèces disposés à différents niveaux sur le stroma très développé contenaient de nombreux asques hyalins et cylindriques, octosporés ; les ascospores monostiches hyalines ou faiblement jaunâtres étaient bicellulaires. Cette mise en évidence nous avait permis de penser que les masses sclérotioïdes observées et décrites par STEYAERT et GUILLEMAT n'étaient que de jeunes périthèces en voie de formation, et confondues avec des sclérotes.

Nous obtenions la formation de la même forme parfaite, quelque peu après et à partir de la forme conidienne, sur différents milieux nutritifs naturels (tranches de pomme de terre, de carotte, de papaye) et artificiels (potato-dextrose-agar, Lima bean-agar, Sabouraud-agar). Inversement, à partir d'ascospores prélevées dans les périthèces formés sur fragments mis en chambre humide, nous obtenions le développement du *Fusarium xylarioides*. Il n'y avait donc aucun doute que les périthèces observés sur troncs, branches et rameaux des caféiers morts n'étaient que la forme parfaite, inconnue jusqu'ici, de ce parasite.

Nos observations dans la Nature nous ont permis de constater que les périthèces se forment sur tous les caféiers atteints, huit à quinze jours après leur mort complète.

Déjà, en 1940, FIGUÈRES (3, B) signalait qu'après la mort des caféiers *excelsa*, il observait au niveau du collet, de la tige et des branches, des corpuscules analogues à des périthèces de *Rosellinia* logés dans les fissures des écorces crevassées. Il écrivait notamment : « Il s'agit plutôt de pycnides plus ou moins abondamment groupées sur un stroma, de couleur noirâtre et apparaissant au dehors par les fentes de l'écorce. Ces organes s'observent sur le tronc, il s'en trouve parfois sur les branches charpentières ». Plus loin, il ajoutait : « Les pycnides plus ou moins groupées en lignes apparaissent sous les écorces, elles sont réticulées et produisent des conidies hyalines, fusiformes, bicellulaires, de 10-14 $\times$ 2,5-3,5 μ qui paraissent indiquer la forme *Macrophoma* ».

En comparant les dimensions de ce dit *Macrophoma* ainsi que la description, par FIGUÈRES, des conceptacles, avec les périthèces que nous avons trouvés sur les mêmes caféiers, nous concluons que cet auteur avait confondu les périthèces et ascospores de cette Hypocréale avec des pycnides et pycniospores d'un *Diplodia* qu'il nommait *Macrophoma*. N'ayant pas réussi à observer les asques de l'Ascomycète, il le prenait pour une Sphéropsidale.

Nos recherches dans le milieu naturel et par voie expérimentale par contaminations artifi-

(*) D'après WOLLENWEBER et REINKING, les *Fusarium* de ce groupe sont caractérisés par l'absence complète de chlamydospores, mycéliennes et conidiennes, ce qui n'est pas le cas de *F. xylarioides*. En conséquence, nous penchons vers la création d'une sous-section du groupe *Liseola* dans laquelle ce *Fusarium* doit être rangé.

ficielles à partir des deux formes, ascosporée et conidienne, nous permettaient de confirmer les observations précédentes et de démontrer la constance de la formation de ces organes ascogènes, l'époque de leur apparition, les conditions de leur évolution et surtout leur rôle dans la dissémination et la propagation de la maladie. En avril-mai 1950, nous constations également la formation de ces mêmes périthèces sur les pieds spontanés de *C. excelsa*, de même que sur les troncs et branches de *C. robusta* morts de la même maladie.

Par une étude rapide de la forme ascosporée, nous avions tout d'abord rapproché cette Hypocréale du genre *Gibberella*, en prenant en considération la coloration de ses périthèces bleu-noir violacé et ses ascospores hyalines faiblement jaunâtres, bicellulaires ; cependant le développement d'un abondant stroma l'en éloignait. De même, si la présence du stroma faisait penser au genre *Nectria*, elle s'en différenciait par la coloration bleu-noir de ce dernier. Ainsi nous étions amené à penser qu'il fallait créer un genre nouveau.

Dans une communication à l'Académie des Sciences faite avec le Professeur Heim (7), outre les observations préliminaires sur la maladie, nous donnions les caractères sommaires morphologiques et micrographiques de cette forme ascosporée, ce qui nous conduisait à penser que : « Les caractères très spéciaux de la forme ascosporée ainsi découverte permettent d'assigner à cette espèce fusarienne une position très particulière parmi l'ordre des Hypocréales. Proche des *Gibberella*, s'en différenciant par les ascospores uniseptées et subtilement ponctuées, les périthèces agrégés et le stroma xylarioide, elle caractérise une section nouvelle, ou mieux une coupure générique inédite que nous appellerons *Carbuncularia* ».

Depuis, le Professeur Roger Heim (6), dans une étude approfondie, l'a rangée définitivement dans le genre *Gibberella*, l'appelant alors : *Gibberella* (*Carbuncularia*) *xylarioides*.

Ayant poursuivi entre temps nos recherches sur cette forme parfaite, nous donnerons ci-après le résumé de nos observations qui concordent parfaitement avec celles décrites par le Professeur Roger Heim (6).

1° Périthèces.

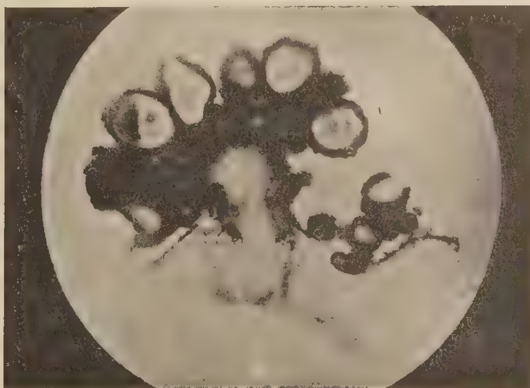
a) *Sur support naturel* (cf. phot. 15, p. 461).

Très abondants sur troncs, branches et rameaux des caféiers *excelsa* et *neo-Arnoldiana* atteints de la trachéomycose, ils apparaissent quelques jours après leur mort complète et continuent à se former en nombre croissant longtemps après (cinq à six mois). Nous les avons observés sur les mêmes organes de caféiers *excelsa* et intermédiaires spontanés vivant dans la forêt. Par contre, ils paraissent peu fréquents sur les *robusta* atteints de la même maladie.

Logés généralement dans les nombreuses fissures longitudinales des écorces, ils constituent des agglomérations linéaires, parfois continues, occupant toute la partie fendillée, formées de corpuscules bleu-noirâtre visibles à l'œil nu, rugueux au toucher. Sous les vieilles écorces des troncs et branches, en partie soulevées, les périthèces parfois très nombreux et agglomérés sur un stroma épais et continu constituent de véritables plaques bleu-noirâtre à surface irrégulière, parfois aussi à la surface de ces écorces quand les caféiers sont morts depuis très longtemps.

Ils peuvent également apparaître à la surface des écorces non fendillées de jeunes rameaux annuels, noircies et auparavant couvertes du feutrage mycélien blanc-rosâtre de la forme *Fusarium* ; agglomérés, rarement isolés, ils ne reposent alors que sur un stroma peu développé.

Sur les racines superficielles exposées à l'air libre, les périthèces peuvent se former au même titre que sur le collet, le tronc et les branches. Par contre, nous n'en avons jamais observé sur les racines souterraines.



Phot. 16. — Microphotographie d'une coupe transversale de la forme parfaite : *Gibberella xylarioides*.

Coupes anatomiques (phot. 16). — Globuleux ou le plus souvent ovales, ils se trouvent placés à l'extrémité d'un stroma mycélien compact, composé de cellules à contour polygonal

ou irrégulier et à membrane très épaisse, cutinisée surtout pour les cellules des parties périphériques. D'origine très profonde, ce stroma forme par couches successives de véritables bandes dans les tissus corticaux de l'écorce, écartant les cellules ou groupes de cellules qui se déforment.

De plus en plus épaisses sur les couches supérieures des tissus de l'écorce, les couches stromatiques deviennent aériennes, se développant en une colonne qui, à partir d'une certaine hauteur, s'étale en éventail et sur la surface de laquelle se forment de nombreux périthèces, de trois à vingt-deux, disposés à différents niveaux, ce qui donne aux glomérules l'apparence irrégulière que l'on observe à la loupe. Dans le chlorallactophénol, les périthèces prennent une coloration brun-violacé.

Le stroma parfois exagérément développé peut atteindre 1-2 mm de hauteur, le plus souvent 1-1,5 mm. Rarement, on observe des périthèces globuleux qui se forment directement sur l'écorce ou sur un stroma médiocrement développé.

b) *Sur milieux nutritifs*

Les périthèces se forment également en abondance, surtout sur tranches de pomme de terre, de papaye, et sur rameaux décortiqués de caféiers, moins fréquemment sur milieux nutritifs artificiels, potato-dextrose-agar, Lima bean-agar ; plus rares ou absents sur tranches de carotte.

Leur coloration est la même que sur support naturel : bleu-noirâtre à reflet violacé, mais le stroma parfois très ramifié forme des colonnettes atteignant 2 et parfois 2,5 mm de haut. Les périthèces occupant la partie élargie de ce stroma coriace ne contiennent des asques avec ascospores qu'au bout de deux à trois mois, c'est-à-dire quand le milieu est presqu'entièrement desséché. Rarement les périthèces se développent directement, ou sur un stroma médiocrement développé. Assez fréquemment, bien que portant à leur partie terminale un amas de masses globuleuses (périthèces en formation), un certain nombre de stromas restent stériles pendant très longtemps.

c) *En chambre humide*

Sur les fragments de caféiers placés en chambre humide (24-26°), la formation des périthèces est très abondante et très rapide. Le stroma sur lequel ils reposent, parfois exagérément développé et très ramifié, peut atteindre 2-3 mm de haut par des colonnettes dressées, dont la surface, au début de la formation des périthèces, est couverte d'un duvet blanc-rosâtre constitué par un réseau mycélien compact avec de nombreux conidiophores à micro et macroconidies. Avec la croissance des périthèces, ce duvet mycélien disparaît et les arbuscules prennent leur coloration bleu-noirâtre à reflet violacé.

d) *Forme et dimensions* (fig. 6)

Aussi bien sur support naturel que sur milieux nutritifs, les périthèces sont à parois très épaisses, à péridium composé de grandes cellules à contour irrégulier, ou arrondies, et à membrane épaisse. Les couches extérieures des cellules des périthèces sont colorées tandis que les couches internes sont incolores.

De forme ovale ou subglobuleux, ils mesurent 200-400 × 180-350 μ.

2° **Asques** (fig. 7, A).

Nombreux, hyalins, régulièrement cylindriques ou subcylindriques, se terminant en un court pédicelle par rétrécissement brusque de leur base ; non accompagnés de paraphyses, cependant on observe parfois des filaments paraphysoïdes très larges — 6 à 8 μ — et articulés par des cloisons transversales, plus courts que les asques.

Octosporés, à ascospores monostiches disposées verticalement ou obliquement le long de la cavité ascale. Les asques ont une membrane mince qui, au momet de la maturité des ascospores se dissocie par gélification.

Dimensions : 70-110 × 7-11 μ, le plus souvent 80-90 × 6-10 μ.

3° **Ascospores** (fig. 7, B).

Hyalines à l'état jeune, elles deviennent faiblement jaunâtres à maturité, à membrane mince, finement ponctuée.

Ovoïdes ou ellipsoïdes, à sommets arrondis, le plus souvent à cellule supérieure plus large que l'inférieure, elles sont uniseptées, rarement biseptées, exceptionnellement triseptées. Assez souvent, on observe au niveau de chaque cloison une constriction marquée. On constate également une certaine variabilité dans la forme des ascospores.

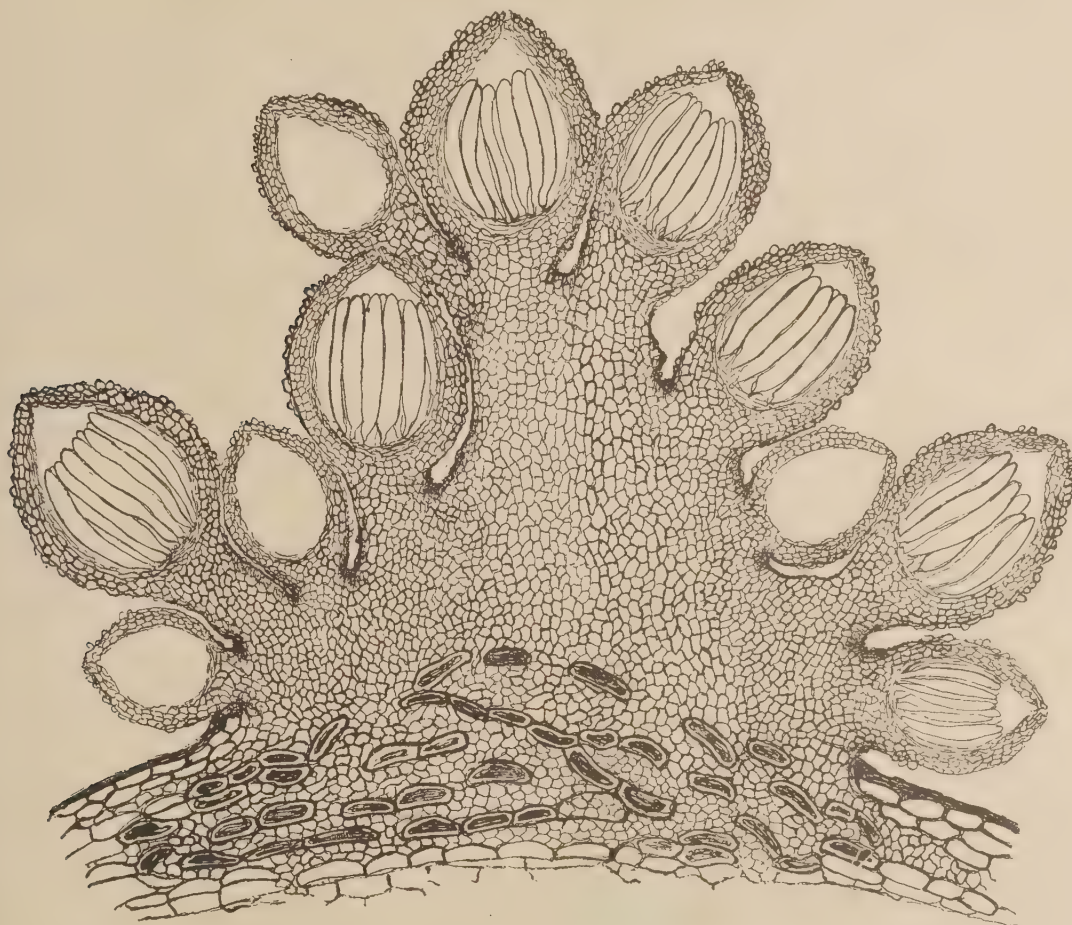


Fig. 6. — Coupe schématique montrant le stroma et les périthèces de *Gibberella xylarioides*.

Précisons, par ailleurs, que les ascospores provenant de périthèces sur milieux nutritifs sont constamment uniseptées et de dimensions légèrement plus faibles.

Nous donnons ci-après les dimensions des ascospores sur deux cents mesurées provenant de périthèces développés :

sur support naturel :

14,25 × 5,21 (11-18,5 × 4-6,5) μ ;

sur milieu de papaye :

13,65 × 5,3 (10-17 × 4-6) μ.

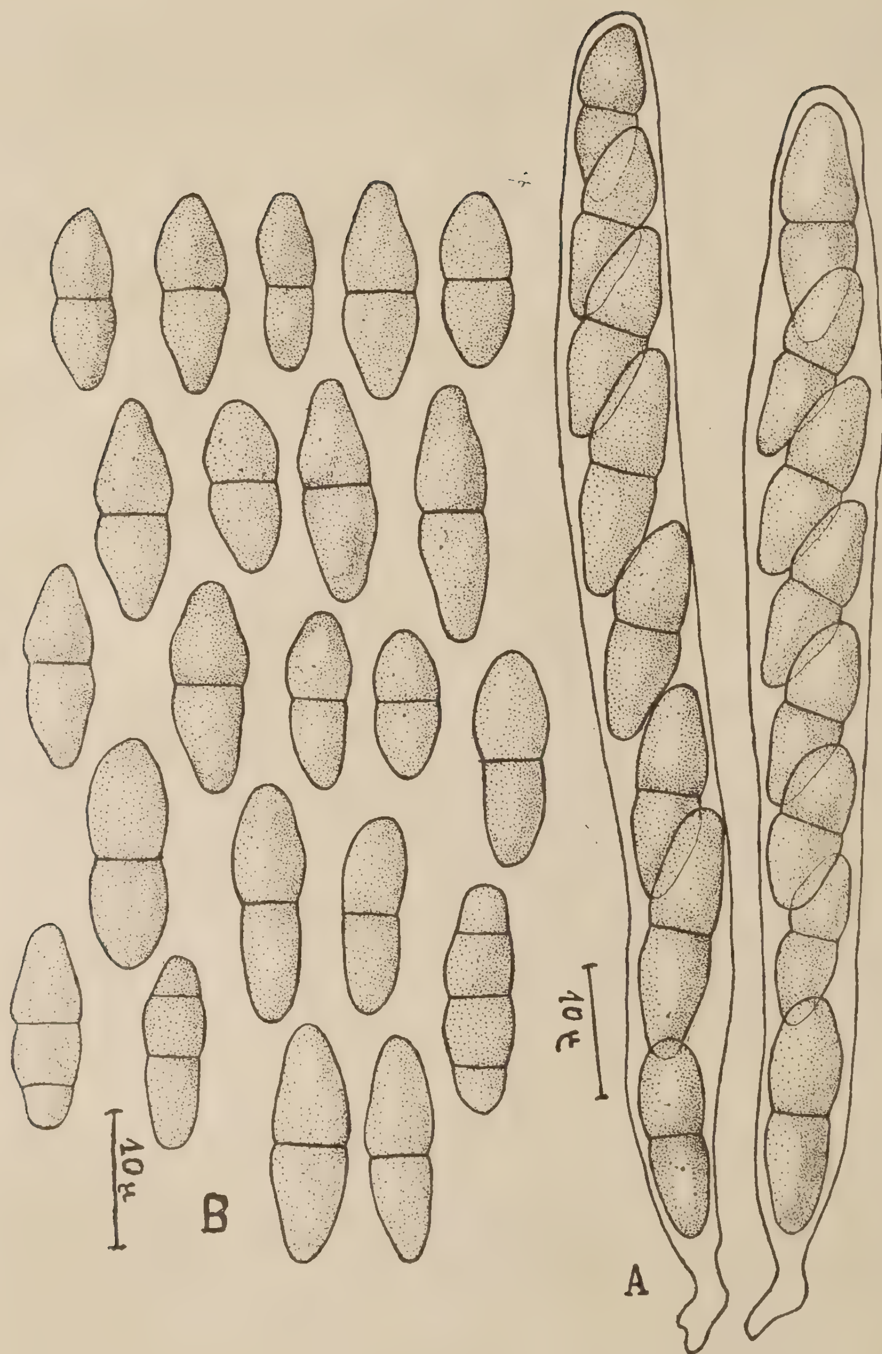
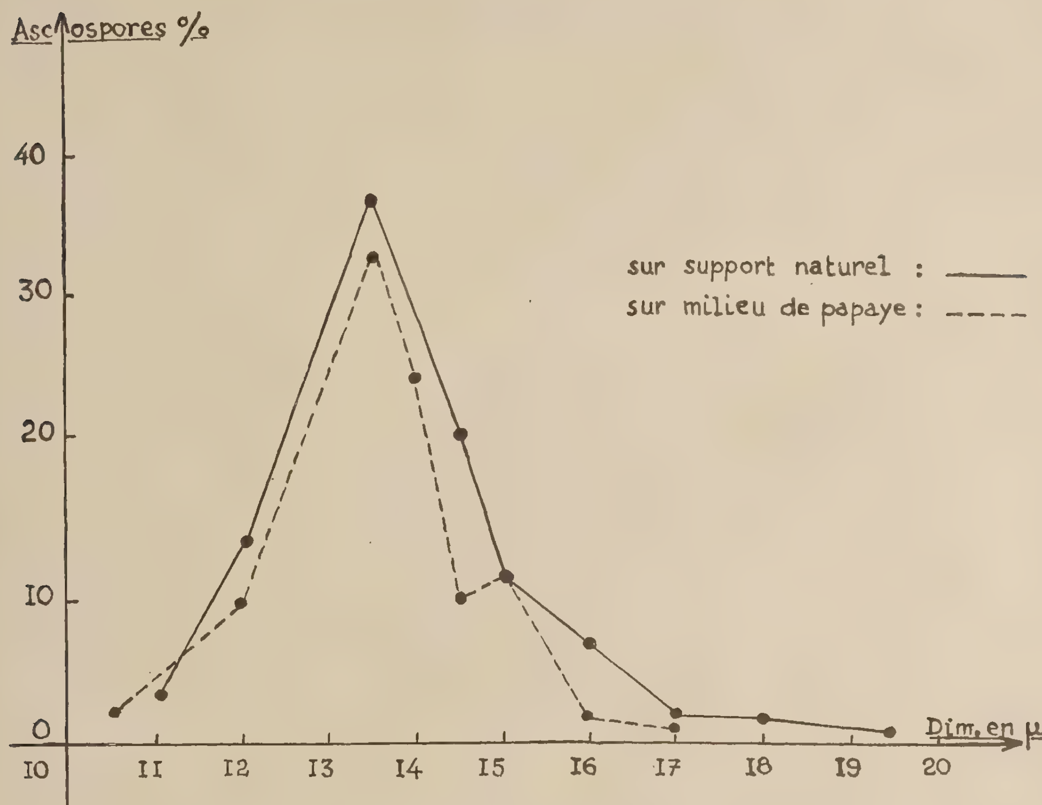


FIG. 7. — *Gibberella xylarioides.*

A : Asques octosporés.
B : Ascospores bicellulaires, biseptées et triseptées.

Graphique de fréquence des ascospores



IV. — ÉTUDE BIOLOGIQUE

La biologie du *Fusarium xylarioides* a fait l'objet d'une étude très approfondie qui sera publiée, ainsi que l'étude systématique, dans une autre revue scientifique. Nous ne donnerons ici que le résumé portant sur :

a) la détermination des températures optimum, maximum et léthale ;
b) l'influence de l'humidité, sous forme d'eau liquide et de vapeur, sur la germination des conidies et des ascospores ;
c) l'aspect de leur germination ;
d) la durée de formation des micro et macroconidies ;
e) la longévité des ascospores ;
f) enfin l'influence de l'humidité sur la déhiscence des asques et la projection des ascospores.

Les essais de germination des spores de la forme conidienne et des ascospores ont été réalisés, d'une part, sur une couche mince de milieu nutritif gélosé dans les cellules de Ranvier et, d'autre part, en goutte pendante d'eau dextrosée à 2 % dans les cellules de Van Tieghem.

Nous avons pu ainsi déterminer que :

1° La température optimum pour la germination des microconidies dans les conditions d'humidité saturée est entre 23-26° C., la température limite de germination 32° et la température léthale entre 35 et 40°.

La température optimum de germination des ascospores se situe entre 26 et 27° C., dans les mêmes conditions d'humidité.

2° La germination des micro et macroconidies dans les conditions optima se produit au bout de six à douze heures et se complète dans les vingt-quatre heures.

Celle des ascospores commence au bout de trois à six heures pour être totale dans les dix-huit à vingt-quatre heures.

3° Conidies et ascospores germent d'autant plus facilement qu'elles sont en contact avec une goutte d'eau. L'humidité saturée sous forme de vapeur permet également la germination mais celle-ci est plus lente et les filaments issus des conidies ou ascospores sont moins vigoureux.

Elles ne germent pas dans une atmosphère dont le taux d'humidité est inférieur à 70 % environ.

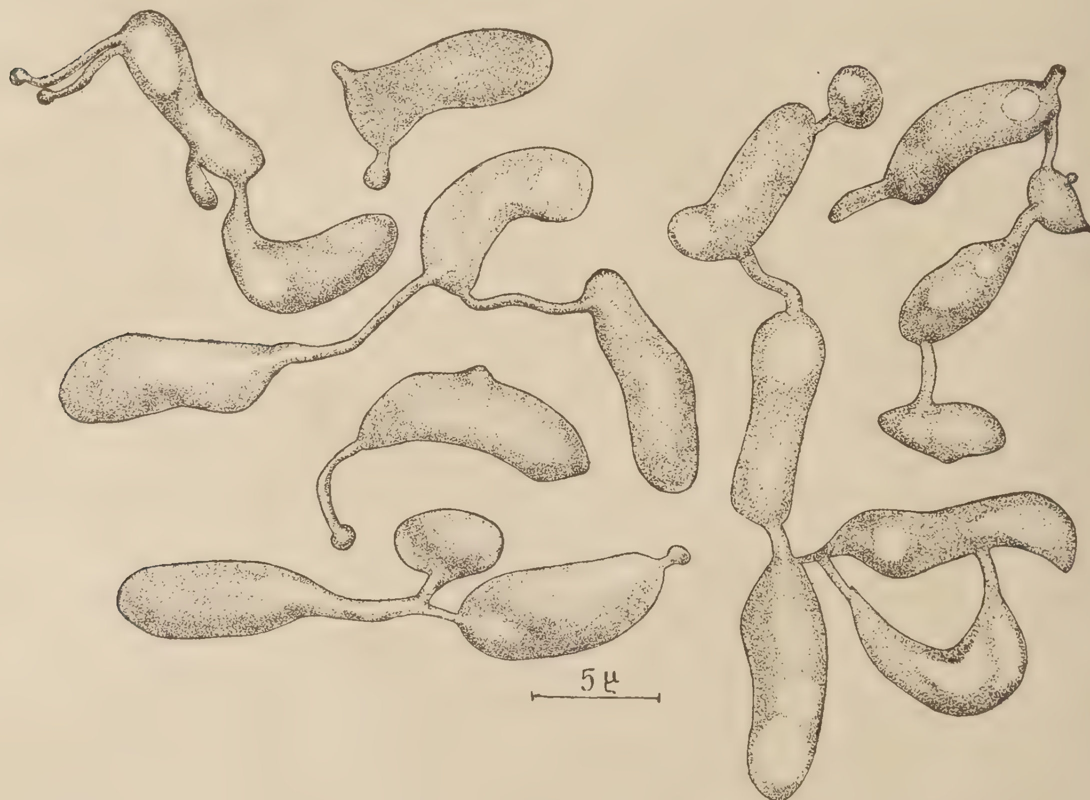


Fig. 8. — Aspect de germination en goutte pendante de microconidies donnant naissance par bourgeonnement à des microconidies secondaires, avec anastomoses.

4° La déhiscence des asques et la projection des ascospores sont favorisées par l'action alternée de l'humidité et de la sécheresse.

L'humidité, seule, favorise la déhiscence des asques mais moins la projection des ascospores en dehors des périthèces. La sécheresse constante, par contre, empêche la déhiscence des asques et la projection des ascospores.

5° La germination des conidies se fait suivant un processus plus ou moins bien défini, chaque conidie émet un à cinq filaments germinatifs. Les ramifications de deuxième, troisième et quatrième ordres naissent suivant un angle presque droit (fig. 8 et 9).

Les micronomidies se forment au bout de quarante-huit à soixante heures, suivant les milieux, sur des conidiophores simples et courts. Les macroconidies apparaissent cinq à huit jours plus tard sur des conidiophores ramifiés en verticilles. Les deux sortes de conidiophores naissent sur des filaments périphériques.

La germination des ascospores se fait suivant un processus également mal défini, chaque ascospore donnant un à quatre filaments germinatifs. Les micro et macroconidies se forment en même temps au bout de trois à quatre jours (fig. 10).

V. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Voie de pénétration du parasite. Durée d'incubation et d'évolution de la maladie

De nombreuses hypothèses avaient été jusqu'ici formulées en ce qui concerne l'infection des caféiers et la voie de pénétration du parasite. Tout au début, ayant attribué la maladie à des pourridiés, le plus souvent à *Fomes lignosus* Kl., ou pourriture blanche des racines, on pensait que la maladie se transmettait d'un arbre à l'autre à travers le sol par les rhizomorphes. Plus tard, la découverte de l'agent causal réel étant faite, on croyait encore que la contamination se faisait par les parties souterraines (poils absorbants, radicelles), tandis qu'en 1949 (rapport) et en 1950 (7) nous précisions qu'elle se fait par blessure, uniquement des parties aériennes. Etudiant la même maladie en Côte d'Ivoire, Jacques-Félix (8) a supposé que l'infection se produit au niveau d'une blessure des racines ou du collet : les spores entraînées dans le sol par les pluies, germent, pénètrent les tissus mortifiés et progressent dans les tissus sains.

A. — Observations dans la Nature

Par les observations faites dans la pépinière de *Coffea excelsa* (cf. Propagation de la maladie p. 464) dans laquelle on a relevé plus de 30 % de mortalité de 1949 à fin 1950, nous avons constaté que tous les caféiers morts de trachéomycose por-

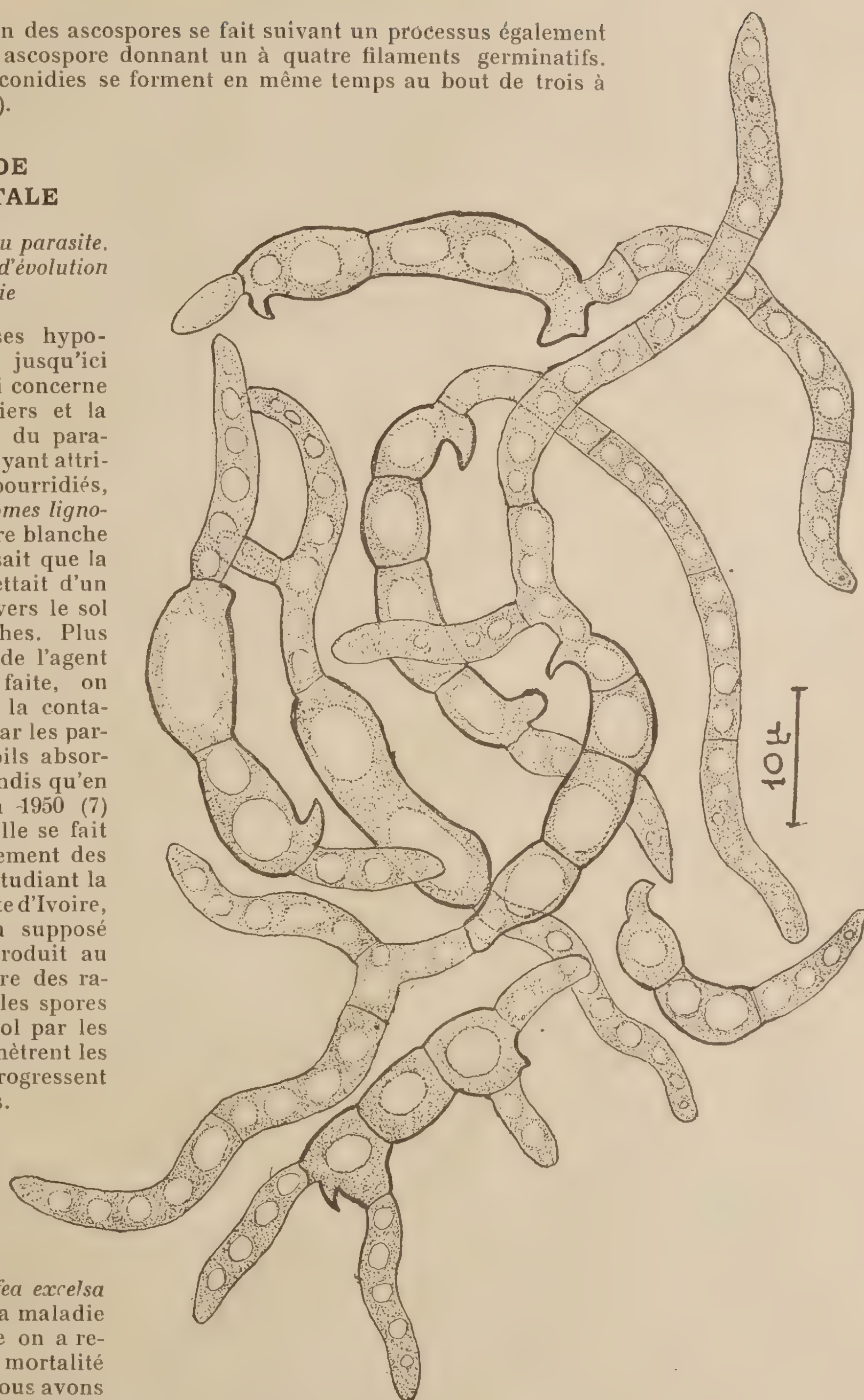


Fig. 9. — Aspect de germination de macroconidies en cellule de Ranvier au bout de trente-six heures à 27° C.

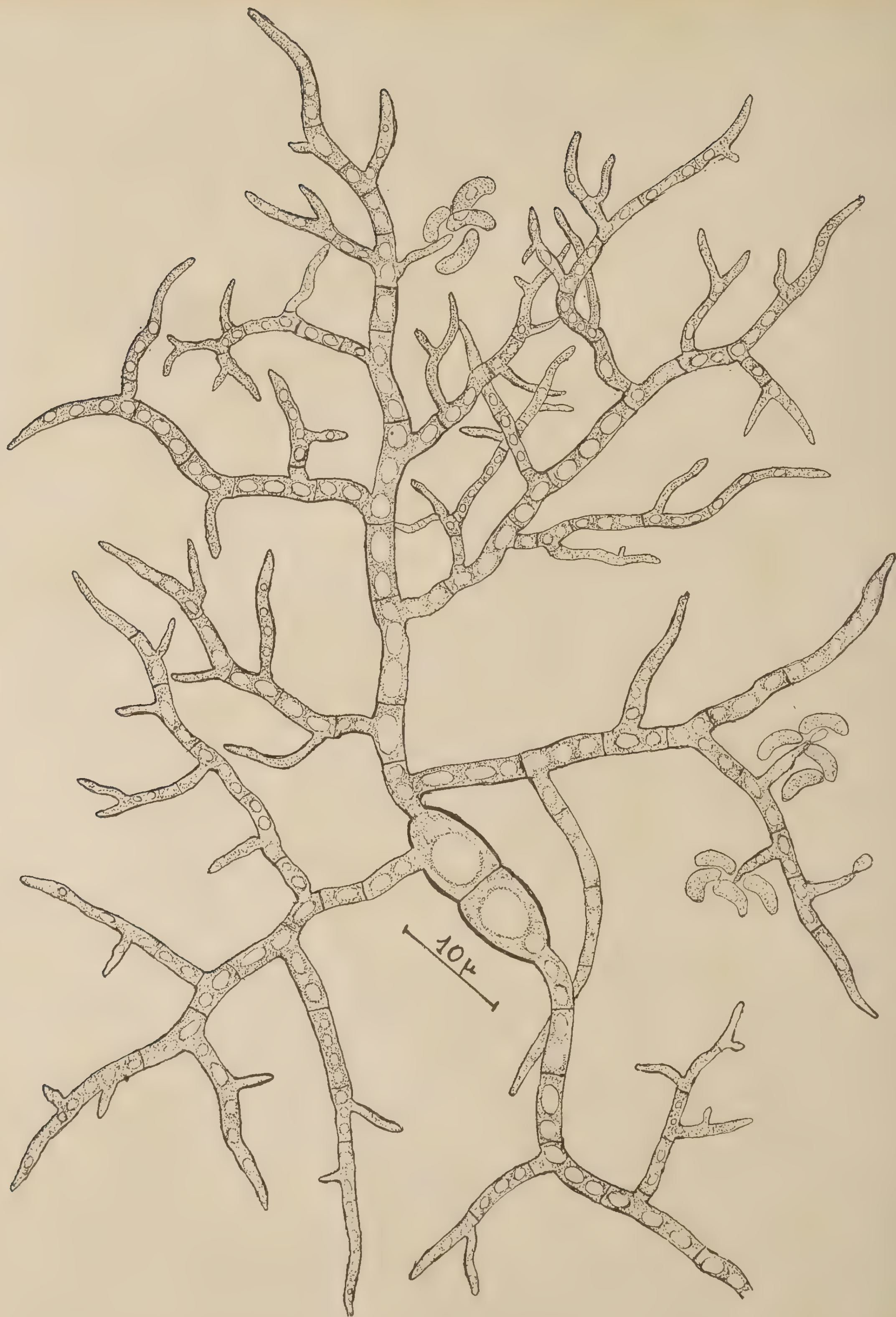


Fig. 10. — Aspect de germination d'une ascospore de *Gibberella xylarioides*, en cellule de Ranvier, au bout de soixante-douze heures à 27° C : formation de microconidies.

taient une blessure, volontaire ou accidentelle, située soit sur le tronc, les branches ou les rameaux, soit sur quelque racine latérale superficielle exposée à l'air libre.

Les mêmes remarques ont été faites dans la parcelle d'1 ha de *Coffea neo-Arnoldiana* (cf. p. 462). Des recherches de cette nature effectuées au cours de notre prospection phytosanitaire d'avril 1950 dans les plantations abandonnées de *C. excelsa* et celles récemment attaquées de *C. robusta*, permirent de les confirmer : nous n'avons observé aucun cas de pied mort ne portant pas une plaie.

B. — Expériences

Nos expériences portant sur les inoculations artificielles des caféiers *excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta* âgés de trois mois à huit ans, conduites aussi bien au laboratoire que dans la Nature, nous ont permis de préciser la voie de pénétration du parasite, la durée d'incubation de la maladie et de prouver que la sensibilité des caféiers n'était pas liée à leur âge contrairement à ce qu'admettaient Figuères, Estève et Guillemat. Pour ces auteurs, la maladie ne se manifestait qu'à partir de cinq à six ans, lorsque les arbres entraient en production, et au delà.

Expérience I

a) Sur plantules de *C. excelsa* âgés de trois mois.

Douze plantules âgées de trois mois, portant les deux feuilles cotylédonaires et les deux premières feuilles, ont été arrachées soigneusement du germoir, lavées à l'eau courante pour détacher toutes les particules de terre des racines, puis à l'eau stérile.

Parallèlement ont été préparés douze tubes de 100 cm³ de capacité et étranglés au tiers supérieur de leur hauteur. Chaque tube a été rempli jusqu'au niveau de l'étranglement avec une solution de Raulin légèrement modifiée et ainsi composée :

Eau stérile	1.500 cm³
Glucose	70 g.
Phosphate monocalcique	4 g.
Acide tartrique	4 g.
Nitrate d'ammonium	4 g.
Phosphate d'ammonium	0,60 g.
Carbonate de potassium	0,60 g.
Carbonate de magnésium	0,40 g.
Sulfate d'ammonium	0,25 g.
Sulfate de zinc	0,07 g.
Sulfate de fer	0,07 g.
Chlorure de potassium	4 g.
Carbonate d'ammonium	4 g.
Fluosilicate de sodium	0,07 g.

Les douze tubes ont été partagés en deux lots de six :

Premier lot. — Cinq plantules ont été contaminées par blessure provoquée à l'aide d'un scalpel, à 2 cm au-dessus du collet. Sur chaque blessure ont été déposés mycélium, micro et macroconidies du *Fusarium xylarioides* prélevés d'une culture pure, sur tranche de carotte, âgée de neuf jours. La tige blessée était entourée d'ouate imbibée d'eau stérile. Les plantules étaient alors placées dans les tubes étranglés de telle manière que la moitié des racines seulement plongeait dans le liquide nutritif, tandis que le collet se trouvait au niveau de l'étranglement; la tigelle entourée d'ouate occupait le tube au-dessus de l'étranglement et les deux feuilles cotylédonaires étaient en dehors des tubes ; enfin chaque tube était, extérieurement et jusqu'à l'étranglement à partir de sa base, protégé de la lumière par un papier noir.

Le sixième tube contenait la plantule-témoin.

Deuxième lot. — Les six plantules du deuxième lot, non blessées, ont été placées dans les tubes étranglés de la même façon que celles du premier.

Cinq ont été contaminées par aspersion de micro et macroconidies du champignon en suspension dans une solution de maltose à 2 % à l'aide d'une pipette, de sorte que les racines non immergées et l'ouate qui entourait les tigelles étaient bien souillées de spores.

La sixième plantule servait de témoin.

Du coton cardé bouchait l'ouverture des douze tubes ainsi préparés qui furent placés dans des porte-tubes et laissés à la température ambiante (24-26°) près d'une fenêtre.

Résultats :

Premier lot : jusqu'au quatrième jour après l'inoculation, aspect normal.
quatrième jour : jaunissement des deux premières feuilles ;
cinquième jour : les feuilles jaunies devenaient flasques et se penchaient vers le sol ;
sixième jour : noircissement des feuilles et de la partie supérieure de la tigelle ; végétation normale de la plantule-témoin ;
septième jour : dessèchement de la tigelle entière ; feuilles recroquevillées et desséchées sur l'ensemble des cinq plantules contaminées par blessure, ainsi que les feuilles cotylédonaires. L'examen microscopique de coupes anatomiques effectuées dans les tigelles a permis d'observer à l'intérieur des tissus un abondant mycélium inter et intracellulaire ayant envahi les vaisseaux conducteurs de la sève.

La plantule-témoin n'est morte qu'au bout du vingt-cinquième jour et sa mort n'était pas due à l'action du parasite puisque l'examen microscopique des tissus n'a permis de déceler aucune trace de mycélium.

Deuxième lot. — Les plantules contaminées par aspersion, suivant le procédé que nous avons exposé, sont mortes y compris le témoin au bout de trente-sept jours. L'examen microscopique des tissus des racines et tigelles n'ayant révélé la présence d'aucune trace de mycélium à l'intérieur des tissus, nous avons conclu que la mort de ces plantules était due à d'autres causes que le parasitisme (concentration du milieu nutritif, asphyxie des racines, etc.).

b) Sur plantules de *Coffea neo-Arnoldiana* âgées de trois mois.

La même expérience a été effectuée. La mort des plantules contaminées par blessure est survenue neuf jours après l'infection, au lieu de sept dans le cas précédent.

Après la mort totale des plantules contaminées par aspersion de spores, l'examen microscopique des tissus n'a permis de déceler aucune trace de mycélium.

Expérience II : *Contamination de plantules de* ***C. excelsa*** *âgées de six mois.*

a) Deux casiers en ciment de 1 m² de superficie chacun et 0,40 m de profondeur ont été remplis de terre dont le pH était 7,7. Dans chaque casier, vingt-cinq graines de *Coffea excelsa* ont été semées en cinq lignes, à 20 cm entre et dans les lignes. Lorsque les plantules portaient six feuilles, soit sept mois après leur semis, nous avons effectué des inoculations artificielles de la manière suivante :

Casier 1. — Vingt-quatre plantules ont été contaminées. Au préalable, leurs tiges ont été nettoyées avec une solution de bichlorure de mercure à 2 ‰. A 2 cm au-dessus du collet de chacune, une petite blessure a été faite à l'aide d'un scalpel en soulevant l'écorce de 2 à 3 mm. Directement sur cette blessure ont été déposées des spores de *Fusarium xylarioides* provenant d'une culture sur tranche de pomme de terre âgée de quinze jours. La tige était aussitôt entourée de coton hydrophile imbibé d'eau stérile, l'ensemble entouré d'un carton ondulé serré par une ficelle. La vingt-cinquième plantule servait de témoin.

Résultats. — Les premiers symptômes de la maladie sont apparus trente jours après l'infection, se manifestant par un jaunissement général des feuilles, sauf du témoin dont la végétation était normale.

Au bout de trente-trois jours, au jaunissement des feuilles succédaient leur brunissement et leur noircissement ; de même pour la partie terminale de la tige.

Au bout de trente-six jours, mort complète des plantules. Les coupes anatomiques sur tiges et racines montrèrent la présence d'un mycélium abondant ayant envahi et obstrué les vaisseaux libéro-ligneux et presque toutes les cellules, tandis que le caféier non contaminé continuait à végéter normalement sans manifester aucune anomalie.

Casier II. — Les vingt-quatre plantules ont été contaminées par aspersion à l'aide d'un petit pulvérisateur à main de 2 l. de capacité et sous pression, contenant 1 l. d'eau de pluie dans lequel se trouvaient en suspension les spores du champignon prélevées de cultures sur tranches de carotte âgées de quinze jours. Nous avons vérifié au microscope qu'une goutte d'eau contenait une grande quantité de micro et macroconidies. Les racines superficielles des caféiers, qui avaient été auparavant légèrement dégagées, et la terre les entourant, furent deux fois abondamment aspergées dans un intervalle de quatre jours.

La vingt-cinquième plantule servait de témoin.

RÉSULTATS. — Les plantules ainsi contaminées par le sol, sans blessure, ne manifestaient aucun signe d'infection six mois après l'essai de contamination. Elles continuaient encore à végéter normalement au bout de dix mois.

b) La même expérience a été répétée sur trois lots différents, chaque lot comportant douze caféiers *excelsa* âgés de six mois. Dans tous les cas, les caféiers contaminés par blessure sont morts :

premier lot..................	au bout de dix-sept jours,
deuxième lot................	au bout de vingt-cinq jours,
troisième lot	au bout de trente-deux jours

et ceux qui furent contaminés par le sol (arrosage et aspersion de spores en suspension) ont donné dans tous les cas des résultats négatifs.

EXPÉRIENCE III : *Sur* ***Coffea excelsa*** *âgés de quatre ans* (cf. pl. I et II, p. 459-460).

Nous avons choisi quatre lignées de *C. excelsa* : A 24, A 28, A 29 et B 28, comportant déjà des pieds morts naturellement (cf. p. 462).

Les caféiers restants ont été ainsi numérotés :

M	X 6	X 9	X 6
X 7	X 5	X 8	X 5
M	M	X 7	M
X 6	X 4	X 6	X 4
X 5	X 3	X 5	M
X 4	M	M	X 3
X 3	X 2	X 4	X 2
X 2	X 1	X 3	M
M	M	X 2	X 1
X 1	M	X 1	M
B 28	**A 29**	**A 28**	**A 24**

a) Les caféiers 1 de chaque lignée ont été pulvérisés avec la bouillie bordelaise caséinée à 1 % de sulfate de cuivre tous les trois mois (témoins).

b) Les caféiers 2 ont été taillés au sécateur, leur tronc blessé, puis aussitôt pulvérisés avec la bouillie bordelaise, les plaies désinfectées avec une solution de sulfate de cuivre à 5 % et le tronc badigeonné avec le mélange :

Sulfate de cuivre	2,5 %
Sulfate ferreux	2,5 %
Chaux	5 %
Arséniate de sodium	1 %
Sel marin	0,5 %

Trente-six heures après la pulvérisation et le badigeonnage de ces quatre caféiers, nous avons procédé à leur contamination par aspersion des micro et macroconidies du *Fus. xylarioides* en suspension dans l'eau de pluie, à l'aide d'un pulvérisateur à main et sous pression, de sorte que de fines gouttelettes contenant les spores couvraient feuilles, rameaux, branches et troncs. La contamination a été répétée tous les trois mois.

c) Les caféiers 3 de chaque lignée ont été contaminés par le sol en dégageant légèrement les racines et en les arrosant avec 1 l. d'eau contenant en suspension un nombre très important de conidies du champignon. La même opération a été répétée tous les trois mois, deux fois successives à quatre jours d'intervalle.

d) Tous les autres caféiers de chaque lignée ont été contaminés avec des spores, prélevées comme les autres sur milieux artificiels de la manière suivante :

A 3 cm au-dessus du sol, une blessure en profondeur de 1 cm d'envergure a été faite, à l'aide d'un scalpel préalablement désinfecté, sur la tige également nettoyée et désinfectée au formol à 3 % ; la blessure atteignait le cylindre central. A sa surface étaient déposées des spores mélangées au mycélium du champignon. L'écorce était à nouveau appliquée sur la plaie, et l'ensemble, entouré de coton hydrophile imbibé d'eau stérile, était extérieurement maintenu par un carton ondulé. Quatre jours après la contamination, nous supprimions carton et coton laissant ainsi la plaie exposée à l'air libre.

Date de l'inoculation : 9 septembre 1950.

Résultats (contrôlés deux fois par semaine). — Nous résumons ci-après nos observations :

1° *Caféiers contaminés par blessures.* — Le 6 novembre 1950 : apparition des premiers symptômes, soit cinquante-huit jours après l'inoculation, sur les caféiers :

Lignée A 24............	4 et 6	A 29............	4
Lignée A 28............	5, 6, 7 et 8	B 28............	4, 5, 6 et 7

se manifestant par un jaunissement partiel ou total du feuillage, et même sur certains, par un brunissement des feuilles et des jeunes pousses des extrémités.

Sur les autres caféiers, arrêt de la végétation avec brunissement des écailles extérieures des bourgeons terminaux des rameaux.

Au bout de soixante-dix jours : mort complète des onze caféiers précités, sur lesquels on observait un noircissement des feuilles, toutes recroquevillées, et un noircissement complet de toutes les pousses et rameaux ; les feuilles mortes tombaient en partie.

A cette même époque, la surface des jeunes pousses et rameaux noircis se couvrait d'un feutrage mycélien plus ou moins abondant, floconneux, blanc-jaunâtre à reflet rosâtre, ou d'aspect farineux. Son examen microscopique révéla la présence, outre le mycélium, des micro et macroconidies du *Fus. xylarioides* : observations que nous avions d'ailleurs faites à plusieurs reprises dans la Nature sur des caféiers morts de trachéomycose.

Parallèlement, les premiers symptômes apparaissaient sur d'autres caféiers :

A 24..........	5	A 28..........	9	A 29..........	5 et 6

Au bout de quatre-vingt-huit jours :

a) Sur tous les caféiers morts depuis le 18 novembre, on observait, sur les rameaux, branches et tronc, la formation abondante de périthèces rugueux, bleu-noirâtre, agglomérés, faisait saillie dans les anfractuosités de l'écorce longitudinalement fendillée, et facilement perceptibles. L'examen microscopique révéla que la plupart des périthèces contenaient des asques avec ascospores mûres, organes de propagation de la maladie.

En même temps, les feuilles mortes jonchaient le sol et les caféiers étaient complètement dénudés.

b) La mort complète de tous les caféiers, dont les premiers symptômes étaient observés le 18 novembre, était survenue dix-huit jours après et la forme conidienne faisait son apparition sur les rameaux noircis.

Au bout de quatre-vingt-seize jours : sur ces derniers caféiers, on pouvait voir sur tous les rameaux, branches et tiges, la forme parfaite *Gibberella xylarioides* ; en même temps se produisait une chute massive des feuilles.

Ainsi, dans les conditions que nous venons d'exposer, les *C. excelsa* âgés de quatre ans, contaminés par blessure, sont morts au bout de soixante-dix à quatre-vingt-huit jours, dans une proportion de 100 %.

2° *Caféiers contaminés par le sol.* — Aucun résultat positif n'a été obtenu avec ce procédé bien que la contamination ait été faite deux fois. En avril 1951, les caféiers ne présentent aucun signe extérieur d'affection ; leur végétation est normale.

3° *Caféiers taillés, blessés, pulvérisés et badigeonnés.* — Ces arbres ne présentent jusqu'ici aucun signe extérieur de contamination et leur végétation est très vigoureuse.

4° *Caféiers témoins.* — La végétation de ces pieds, qui ont subi le même nombre de traitements et badigeonnages que les arbres taillés et blessés, est très luxuriante.

EXPÉRIENCE IV : *Sur* ***Coffea neo-Arnoldiana*** *âgés de sept ans.*

Une ligne de *C. neo-Arnoldiana* composée de quinze caféiers, plantés en juillet 1942 à une distance de 5 mètres, ne présentait en septembre 1949 aucun signe extérieur de la maladie, leur végétation était normale.

X	1	*Témoin*
X	2	plaie
X	3	sol
X	4	plaie
X	5	plaie
X	6	plaie
X	7	sol
X	8	sol
X	9	plaie
X	10	sol
X	11	plaie
X	12	plaie
X	13	plaie
X	14	plaie
X	15	*Témoin*

Les caféiers 1 et 15 ont été choisis comme témoins.

Les caféiers 2, 4, 6, 12 et 14 ont été contaminés au niveau d'une plaie effectuée sur le tronc à 5 cm au-dessus du sol en employant la technique précédemment décrite.

Les caféiers 5, 9 et 11 ont été inoculés par blessure effectuée sur une branche charpentière.

Les caféiers 3, 7, 8 et 10 par le sol, en arrosant les racines, en partie dégagées, deux fois à intervalle de quatre jours.

La contamination a eu lieu le 17 septembre 1949.

RÉSULTATS. — Au bout de quarante-sept jours, apparition des premiers symptômes de la maladie sur la branche contaminée des caféiers 5, 9 et 11 ; brunissement de quelques feuilles des extrémités tendres des jeunes pousses, qui présentaient également des signes de flétrissement, et jaunissement généralisé de toutes les feuilles de cette branche. L'aspect des autres branches était normal.

Aucun arbre contaminé par blessure à la base du tronc et par le sol ne présentait un signe extérieur d'infection.

Au bout de soixante-treize jours, toutes les feuilles de chacune des branches des arbres contaminés par blessure étaient noircies et recroquevillées ; les pousses et les rameaux étaient également morts, tandis que le reste de l'arbre présentait une végétation normale.

Sur les autres arbres, aucun signe de contamination.

Au bout de quatre-vingt-six jours, l'ensemble de ces caféiers présentait les symptômes d'attaque, avec flétrissement de toutes les jeunes pousses des extrémités.

Premiers symptômes sur le caféier n° 2 contaminé par blessure à la base du tronc.

Au bout de quatre-vingt-dix-huit jours, les premiers symptômes apparaissaient sur les caféiers 4, 6, 12 et 14. Le caféier 9 dont la contamination était faite à la base d'une branche était entièrement desséché et dénudé, la maladie s'étant généralisée à partir de ce point. Sur les caféiers 5 et 11, la maladie, sévissant sur les trois quarts des branches et rameaux, n'avait pas encore provoqué la mort totale : vers les parties basses, on voyait encore des feuilles vertes.

Les caféiers témoins et ceux qui avaient été contaminés par le sol ne présentaient aucun signe extérieur d'infection par le parasite.

Au bout de cent douze jours, les caféiers 5 et 11 entièrement morts et desséchés étaient complètement dégarnis de leurs feuilles. Sur les fentes de l'écorce du tronc, des branches et rameaux, on observait la présence de nombreux périthèces du champignon.

La maladie avait envahi l'ensemble des arbres 2, 6, 14 dont feuilles et rameaux étaient noircis et desséchés, et seulement les trois quarts des parties aériennes des caféiers 4 et 12.

Au bout de cent trente jours, tous les caféiers contaminés par blessure, soit un peu au-dessus du collet, soit à la base d'une branche charpentière, étaient entièrement morts et desséchés. Par contre, les deux témoins et tous les caféiers contaminés par le sol ne présentaient aucun symptôme visible extérieurement. En avril 1951, ils continuent à végéter et à produire régulièrement.

EXPÉRIENCE V : *Sur **Coffea robusta** âgés de deux ans.*

Dès que nous avons découvert la présence de la trachéomycose due au *Fusarium xylarioides* dans les plantations de *C. robusta* de l'Oubangui, nous avons entrepris des études expérimentales au laboratoire de phytopathologie de Boukoko, en vue, non seulement de démontrer la sensibilité de ce caféier vis-à-vis du parasite, mais également de définir la voie de pénétration de celui-ci ainsi que d'évaluer la durée d'incubation, depuis l'inoculation jusqu'à l'apparition des premiers symptômes, et d'évolution jusqu'à la mort totale.

Ainsi cinq lignées provenant, par semis, de graines de pieds-mères sélectionnés et grands producteurs, ont été choisies, à savoir : B 10, B 85, I 328, A 583 et I 502.

De chaque lignée, cinq pieds présentant une végétation relativement homogène et un aspect parfaitement sain ont été plantés dans trois casiers, d'une superficie de 1 m² et 40 cm de profondeur chacun, bien séparés les un des autres. Mise en place le 27 juin 1950.

Le 17 juillet, soit vingt jours après, nous avons procédé aux inoculations artificielles, à partir de conidies prélevées de cultures sur milieux nutritifs âgées de neuf jours, de quatre pieds de chaque lignée, laissant pour chacune un témoin.

1° *Lignée B 10.* — Les caféiers 1, 2, 3 et 4 ont été contaminés au niveau d'une blessure faite à 3 cm au-dessus du collet, en suivant la technique des expériences précédentes sur *C. neo-Arnoldiana.*

B 10		B 10		B 10
X 1. *plaie*	X 2 *plaie*	X 3 *plaie*	X 4 *plaie*	X 5 *Témoin*

RÉSULTATS. — Depuis la contamination jusqu'au mois de septembre, aucun signe extérieur n'indiquait la présence d'un parasite et, sur les plaies, on observait la formation d'un bourrelet cicatriciel.

Deux mois après une deuxième contamination faite le 17 septembre 1950 par le même procédé, mais à partir de conidies de *Fusarium xylarioides* prélevées directement sur tige de *C. robusta* mise en chambre humide, les caféiers ne présentaient encore aucun signe d'infection.

Le 19 novembre, a eu lieu une troisième inoculation par blessure en y déposant une quantité importante de micro et macroconidies prélevées de cultures sur racines de carotte, âgées de quinze jours, faites à partir de *C. excelsa* atteints. Au bout de deux mois et demi, les résultats étaient toujours négatifs.

Le 2 février 1951, a été effectuée une quatrième contamination avec des conidies prélevées directement par grattage sur rameaux de *C. excelsa* morts de trachéomycose. Mêmes résultats.

Les quatre plaies sont entièrement cicatrisées ; les caféiers croissent normalement et portent actuellement des fruits.

Il sera intéressant d'entreprendre de nouveaux essais de contamination sur un nombre beaucoup plus important de caféiers de cette lignée. Si les résultats sont encore négatifs, il faudra produire des graines par autofécondation, ces caféiers constituant une lignée de descendance illégitime dont les graines provenaient d'une fécondation libre de l'arbre-mère.

2° *Lignée B 85.* — Les caféiers 1 et 3 ont été contaminés par blessure sur la tige à 3 cm au-dessus du sol avec des spores de *Fusarium xylarioides* prélevées sur cultures pures.

Les caféiers 2 et 4 ont été contaminés en aspergeant le sol, après avoir dégagé légèrement les racines, avec des spores prélevées également sur cultures pures.

B 85		B 85		B 85
X	X	X	X	X
1	2	3	4	5
plaie	*sol*	*plaie*	*sol*	*Témoin*

Résultats. — Au bout de vingt-neuf jours, les premiers symptômes se manifestaient ainsi sur le caféier 1 : jaunissement généralisé des feuilles et début de nécrose sur les feuilles et pousses tendres des extrémités. Aucun signe extérieur d'infection des autres caféiers.

Au bout de quarante-trois jours, mort complète du caféier 1. Les caractéristiques de son aspect : rameaux et tiges noircis, feuilles noircies, recroquevillées et attachées aux rameaux, étaient relativement identiques à celles observées sur *C. excelsa* et *C. neo-Arnoldiana*.

Les caféiers 2, 3 et 4 ne présentaient, comme le témoin, aucune anomalie extérieure.

Au bout de cinquante et un jours, symptômes d'apoplexie sur le caféier 3 : les trois quarts du feuillage supérieur étaient entièrement noircis et recroquevillés ainsi que les extrémités tendres. Les feuilles des rameaux inférieurs, flasques et jaunissantes, pendaient vers le sol. Végétation normale des caféiers 2 et 4, contaminés par le sol, et du témoin.

Au bout de soixante-dix jours, les caféiers 1 et 3, défeuillés et desséchés, étaient entièrement morts, tandis que 2 et 4 présentaient un feuillage légèrement jaunissant et un arrêt de végétation ; aucune nécrose, ni brunissement n'étaient visibles tant sur feuilles que sur rameaux. Végétation vigoureuse du témoin.

Au bout de neuf mois, les caféiers contaminés par le sol continuent à végéter, sans présenter aucun signe maladif, leur croissance étant par rapport au témoin très ralentie.

L'examen microscopique des caféiers morts a révélé la présence d'un abondant mycélium dans les vaisseaux du bois ainsi que de thylles qui obstruaient de nombreux vaisseaux.

3° *Lignée I 328.* — Les caféiers 1, 3, 4 et 5 ont été contaminés au niveau de la blessure faite à 3 cm du collet, avec la même technique.

Le caféier 2 a servi de témoin.

I 328		I 328		I 328
X	X	X	X	X
1	2	3	4	5
plaie	*Témoin*	*plaie*	*plaie*	*plaie*

Résultats. — Au bout de quarante-trois jours, apparition des premiers symptômes sur le caféier 5 : début de nécrose des extrémités des jeunes pousses et des jeunes feuilles du sommet qui se penchaient vers le sol avec un début de brunissement du limbe sur la partie opposée du pétiole. Les autres caféiers ne manifestaient aucun signe extérieur sauf le caféier 1 dont la végétation était arrêtée.

Au bout de cinquante et un jours, mort totale du caféier 5 : noircissement complet de la tige, des rameaux et feuilles qu'ils portaient qui étaient noircies, enroulées sur elles-mêmes dans le sens de la nervure principale. Sur le caféier 1, les premiers symptômes de l'apoplexie se manifestaient. Végétation normale des autres.

Au bout de soixante-dix jours, le caféier 1 succombait sous l'action du parasite inoculé, alors que les pieds du casier central et le témoin paraissaient normaux et on observait une élongation de leurs jeunes pousses. Les coupes anatomiques faites sur pieds morts ont confirmé qu'il s'agissait bien du *Fusarium xylarioides*.

Au bout de neuf mois, les pieds 2, 3 et 4 ne présentent aucune anomalie visible. Abondante floraison avec formation de fruits.

On peut donc considérer que cette lignée présente une sensibilité approximative de 50 % à l'égard de la maladie.

4° *Lignée A 583.* — Le caféier 1 a été contaminé par le sol en l'arrosant, après dégagement des racines superficielles, avec 1 l. d'eau contenant une abondante suspension de spores prélevées

sur cultures de *Fus. xylarioides*. Deux tels arrosages ont été faits à quatre jours d'intervalle et les racines recouvertes chaque fois de terre. Les caféiers 2, 3 et 4 ont été contaminés par blessure et le cinquième servait de témoin.

A 583		A 583		A 583
X 1 *sol*	X 2 *plaie*	X 3 *plaie*	X 4 *plaie*	X 5 *Témoin*

Résultats. — Au bout de quarante jours, les caféiers 2, 3 et 4 manifestaient les premiers symptômes typiques ; le pied 1 et le témoin ne présentaient aucun signe maladif.

Au bout de quarante-huit jours, mort complète des trois caféiers atteints : noircissement général des rameaux, branches et tiges ; totalité du feuillage noircie, les feuilles étant enroulées et desséchées mais encore, pour la plupart, attachées sur les rameaux.

Jusqu'en avril 1951, végétation et croissance normales du pied contaminé par le sol et du témoin.

Tous les pieds contaminés par blessure étant morts, on peut admettre que cette lignée présente une sensibilité de 100 % à l'égard de la trachéomycose.

5° *Lignée I 502.* — Les caféiers 1 à 4 ont été contaminés au niveau d'une blessure du tronc, avec la méthode précédemment décrite. Le caféier 5 a servi de témoin.

I 502		I 502		I 502
X 1 *plaie*	X 2 *plaie*	X 3 *plaie*	X 4 *plaie*	X 5 *Témoin*

Résultats. — Au bout de quarante-deux jours, apparition des premiers symptômes sur le caféier 3 : extrémités des jeunes pousses et leurs feuilles noircies, penchées vers le sol ; feuilles des extrémités inférieures encore vertes, légèrement chlorotiques. Les autres avaient une végétation normale.

Au bout de quarante-neuf jours, les premiers symptômes se manifestaient sur les caféiers 1, 2 et 4 par une nécrose des extrémités tendres et un brunissement de leurs feuilles ; celles des rameaux inférieurs avaient une coloration jaunissante. Sur le caféier 3, la maladie avait gagné plus des trois quarts du feuillage et des rameaux ; seuls ceux des parties inférieures ne présentaient encore aucune nécrose.

Au bout de soixante-dix jours, mort complète des caféiers 1, 3 et 4 : leurs tiges, rameaux et jeunes pousses étaient noircis et desséchés, ainsi que les feuilles encore attachées. Quelques jours après la mort des caféiers, apparition de mycélium avec formation abondante de micro et macroconidies du *Fusarium*, à la surface des rameaux.

Le caféier 2, bien que desséché sur les trois quarts de la partie aérienne, était encore vert à sa base ; aucune végétation, ni développement des rameaux ne se manifestaient.

Pendant cinq mois, ce caféier s'est ainsi maintenu. En janvier 1951, une jeune pousse s'est développée à partir des bourgeons latents de la base de la tige. En mars, elle avait une longueur de 50 cm. Le pied témoin était toujours sain.

Les coupes histologiques, faites dans la partie nécrosée de la tige et examinées au microscope, montrèrent la présence de thylles dans de nombreux vaisseaux périphériques, ainsi que quelques filaments mycéliens dans les vaisseaux du liber, absents dans ceux du bois.

La lignée I 502 peut être considérée comme présentant une sensibilité de 75 % environ à la trachéomycose.

Conclusions

L'étude expérimentale effectuée sur les trois espèces de caféiers, *excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta*, met en évidence les faits suivants que les observations dans la Nature ne permettaient pas de préciser :

1° L'infection et la pénétration du parasite à l'intérieur des tissus se font par une blessure, volontaire ou accidentelle, et uniquement par les parties aériennes des caféiers, rameaux, branches, troncs, racines superficielles exposées à l'air libre et blessées ;

2° Il peut infecter les caféiers à tout âge depuis le stade cotylédonaire jusqu'à l'âge le plus avancé ;

3° Les *C. excelsa* et *C. neo-Arnoldiana*, contaminés artificiellement par blessure, présentent une sensibilité à l'égard du parasite qui peut s'évaluer à 100 %, tandis que les essais d'inoculations artificielles de cinq lignées de *C. robusta* montrent que leur sensibilité est très variable, de 0 à 100 % des pieds ;

4° La durée d'incubation de la maladie varie, de quelques jours à quatre-six mois, en fonction de l'âge et du volume de tissus des caféiers atteints :

Caféiers très jeunes.	six à dix jours
Caféiers âgés de six mois à deux ans	un à trois mois
Caféiers âgés de trois à cinq ans	deux à trois mois
Caféiers âgés de sept à dix ans..............	quatre à six mois

5° Entre l'apparition des premiers symptômes et la mort complète des caféiers, il s'écoule un temps relativement court variant d'une à deux semaines en général, pouvant être plus long quand l'infection débute unilatéralement par une branche au lieu de s'être produite sur le tronc ;

6° Dès la mort totale des caféiers, ou peu avant, la forme conidienne du champignon apparaît fréquemment à la surface des rameaux noircis, avec formation abondante de micro et macroconidies. Quelques jours, dix à quinze, après la mort des caféiers, elle est remplacée par la forme parfaite (périthèces). Ceux-ci visibles à l'œil nu, dans les anfractuosités de l'écorce du tronc, branches et rameaux, parfois superficiels, sont sur *C. robusta* moins fréquents que sur *C. excelsa* et *C. neo-Arnoldiana*, parfois absents. Ils continuent à se former longtemps après la mort des caféiers ;

7° L'infection des caféiers peut incontestablement se faire par les micro et macroconidies de la forme *Fusarium*. Les spores très abondantes, transportées par le vent, les pluies, les insectes, disséminent le champignon sur les caféiers non contaminés constituant de nouveaux foyers.

Nous allons maintenant démontrer le rôle que joue la forme parfaite dans la contamination des caféiers.

EXPÉRIENCE VI : *Sur **Coffea excelsa** âgés de neuf mois.*

Six caféiers issus de semis effectué le 12 janvier 1950 ont été repiqués dans six casiers le 28 mars, aussitôt après la récolte, en prenant toutes les précautions pour ne pas blesser les racines. Les plantules ne portaient que deux feuilles cotylédonaires.

Lorsqu'ils ont été suffisamment développés, porteurs de six à huit feuilles, c'est-à-dire six mois après le repiquage, nous les avons contaminés avec des ascospores mûres obtenues en écrasant des périthèces prélevés directement sur caféiers morts depuis dix jours.

Les caféiers 1 et 2 étaient contaminés par le sol, en arrosant les racines en partie découvertes avec de l'eau contenant en suspension les ascospores d'une quinzaine de périthèces.

X 1 *sol*	X 2 *sol*	X 3 *plaie*	X 4 *plaie*	X 5 *plaie*	X 6 *Témoin*

Les caféiers 3, 4 et 5 étaient infectés en déposant les ascospores sur une blessure faite sur la tige à 2-3 cm au-dessus du sol en soulevant un lambeau d'écorce de 1 cm long. × 2-3 mm larg. La tige a été entourée à cet endroit de coton hydrophile imbibé d'eau et entouré de carton ondulé. La blessure fut ainsi protégée pendant quatre jours, puis exposée à l'air libre.

Le témoin était représenté par le caféier 6.

RÉSULTATS. — Au bout de trente-sept jours, les premiers symptômes se manifestaient sur les caféiers 3 et 5 : brunissement de la partie terminale de la tige et des deux feuilles du sommet qui, flétries, étaient penchées vers le sol. Les autres feuilles étaient normales ainsi que la tige. Sur les autres caféiers, aucune anomalie visible extérieurement.

Au bout de cinquante-six jours, les deux plantules 3 et 5 étaient entièrement mortes, soit dix-neuf jours après l'apparition des premiers symptômes Les coupes anatomiques permirent de constater aussitôt après leur mort la présence d'un abondant mycélium ayant obstrué les trois quarts des vaisseaux conducteurs de la sève et envahi presque toutes les cellules de soutien et du liber de la tige. Mêmes observations sur les coupes faites dans les racines. Parallèlement, les premiers symptômes se manifestent sur le caféier 4 : nécrose de l'extrémité de la tige et du bourgeon terminal ainsi que des quatre dernières feuilles du sommet également noircies, flasques et recroquevillées. Aucun signe extérieur de contamination sur les autres caféiers.

Au bout de soixante-huit jours, le caféier 4 était mort, entièrement noirci. Sur ces jeunes caféiers morts d'apoplexie, nous avons observé la formation d'un grand nombre de périthèces sept à dix jours après la mort complète.

Par contre, la contamination par le sol des deux autres caféiers a donné des résultats négatifs, ce qui montre une fois de plus que ce *Fusarium* ne peut pénétrer dans les tissus de la plante par les racines. L'examen microscopique de coupes histologiques sur racines et tiges de ces pieds, faites trois mois après l'inoculation, ne révéla aucune trace de mycélium à l'intérieur des tissus.

Expérience VII : *Sur* ***Coffea neo-Arnoldiana*** *âgés de neuf mois.*

Six caféiers du même âge issus de graines récoltées à Boukoko sur deux arbres ayant échappé à la trachéomycose ont subi les mêmes contaminations que les *C. excelsa* de l'expérience précédente.

Les premiers symptômes sont apparus au bout de quarante-cinq jours sur les trois caféiers contaminés par blessure se manifestant toujours par le brunissement de la partie terminale de la tige ainsi que les feuilles du sommet. La mort complète est survenue dix jours après.

X 1 *sol*	X 2 *sol*	X 3 *plaie*	X 4 *plaie*	X 5 *plaie*	X 6 *Témoin*

De nombreux périthèces ont été observés sur les écorces des caféiers une dizaine de jours après leur mort et l'examen microscopique révélait la présence du parasite responsable.

Les caféiers 1 et 2, contaminés par le sol, ne présentaient, comme le témoin, aucun signe extérieur d'infection. Ces caféiers, n'ayant manifesté aucun signe de maladie, ont été arrachés et leurs tissus examinés au microscope. Aucune trace de mycélium n'y était visible.

De cette dernière série d'expériences, il résulte que :

1° Les ascospores de *Gibbellera xylarioides*, au même titre que les spores de sa forme conidienne (*Fusarium xylarioides*), sont capables d'infecter les caféiers et de provoquer leur mort, suivant le même processus. Elle est aussi rapide, pour des caféiers du même âge et de la même espèce, que dans le cas de contamination par les conidies.

2° La formation abondante des périthèces à la surface des écorces des caféiers morts indique le rôle très important que joue la forme ascosporée dans la dissémination et la propagation de la maladie.

VI. — ÉTUDE ANATOMIQUE

1° Observations macroscopiques

A. — En sectionnant transversalement les racines, tiges et branches de caféiers morts de trachéomycose, on observe très fréquemment que le bois de ces organes présente, par plages, une coloration brun-noir violacé, beaucoup plus accentuée dans les zones périphériques du cylindre central que vers les couches internes. La coloration s'intensifie quand les caféiers sont morts depuis très longtemps.

Sur certains, cette coloration est répartie d'un seul côté formant une tache plus ou moins étendue tandis que la partie opposée offre l'aspect uniforme de tissus desséchés.

Parfois, le cylindre central est maculé de nombreuses taches de la même coloration, irrégu-

lièrement réparties sur toute la surface, de dimensions variables, mais toujours plus nombreuses et étendues sur les parties périphériques des fibres.

La coloration du bois peut être également moins marquée. Dans d'autres cas, elle est presque uniformément étendue à tout le bois. La moelle peut aussi se colorer en bleu-noir violacé, ou brunâtre, surtout chez les caféiers morts depuis très longtemps.

B. — En sectionnant longitudinalement tronc, branches et racines pivotantes, on peut suivre la progression des faisceaux colorés. Cette coloration diminue progressivement à partir d'un point situé généralement sur le tronc au fur et à mesure qu'on se rapproche de la cime des caféiers ou de l'extrémité de la racine pivotante, ou bien elle disparaît complètement.

Ces observations relevées sur un grand nombre de caféiers nous avaient conduit à rechercher la voie de pénétration du parasite au niveau du tronc à partir du collet, plutôt qu'à partir des organes souterrains.

2° Observations anatomiques

A. *Coupes transversales.* — Sur des coupes histologiques transversales dans les tissus des caféiers atteints, colorées au bleu coton lactique ou au chlorallactophénol, on observe au microscope, surtout dans les vaisseaux libéro-ligneux des racines, tiges, branches, rameaux et même pétioles, la présence d'un abondant mycélium incolore ayant obstrué la plupart des vaisseaux du bois conducteurs de la sève.

Dans les tissus du bois de certains caféiers, nous avons pu constater que le mycélium n'est pas seulement localisé dans les vaisseaux du bois et du liber, il est aussi présent dans toutes les cellules de soutien, même dans celles dont les parois sont très épaisses, dans celles de la moelle, ainsi que dans les cellules de l'écorce — sauf dans les cellules subérifiées du liège protecteur — dans celles du tissu lacuneux, même parfois dans les cellules du sclérenchyme disposées par îlots, et encore fonctionnelles dans les jeunes caféiers : en un mot, le mycélium est généralisé à tous les tissus aussi bien de l'écorce, à part les cellules subérifiées du liège, que du cylindre central.

Pour les caféiers de grande taille, le mycélium n'arrive pas jusqu'à leur mort à gagner les extrémités, comme nous l'avons constaté en faisant des coupes transversales dans les parties terminales de la racine pivotante et des jeunes pousses dans lesquelles les vaisseaux ne contenaient pas de mycélium. Au contraire, des coupes anatomiques faites dans tous les tissus, depuis les extrémités des racines jusqu'au bourgeon terminal ainsi que dans les pétioles des feuilles de jeunes caféiers âgés de quelques mois jusqu'à quatre-cinq ans, nous ont permis de constater que ces derniers étaient totalement envahis.

B. *Coupes longitudinales.* — Elles mettent mieux en évidence la présence du mycélium à l'intérieur des cellules des tissus. Ainsi on observe que les filaments mycéliens sont présents non seulement dans les vaisseaux du bois conducteurs de la sève brute, mais également dans toutes les cellules entourant les vaisseaux, ainsi que celles des rayons médullaires, les cellules du liber et les vaisseaux criblés conducteurs de la sève élaborée.

Enfin dans certains cas, on en trouve à l'intérieur de certaines cellules sclérenchymateuses jeunes, jamais dans les mêmes cellules des caféiers âgés dont l'épaississement des parois a réduit la cavité cellulaire au maximum, enfin dans toutes les cellules de l'écorce qui manifestent une altération assez profonde.

Apoplexie des caféiers

Les coupes histologiques pratiquées à un niveau quelconque sur les organes des caféiers morts ne permettent de constater aucune modification des cellules par suite de la présence du parasite, aucune hypertrophie cellulaire apparente aussi bien dans les tissus du cylindre central que de l'écorce, directement en contact avec le mycélium ou plus éloignés.

Les thylles sont très rares dans les vaisseaux libéro-ligneux, ou absents ; par contre, la présence d'un abondant mycélium obstruant presque complètement les vaisseaux du bois et du liber conduit l'observateur à penser que la mort des caféiers est due à cette obstruction qui empêche la circulation des deux sèves. Les coupes anatomiques sur de jeunes caféiers du même âge contaminés artificiellement, faites aux différents stades de l'évolution de la maladie depuis l'apparition des premiers symptômes jusqu'à la mort complète, nous ont permis de constater que le nombre des vaisseaux entièrement ou partiellement obstrués, tout au début, est assez faible ne dépas-

sant pas un tiers ; il est beaucoup plus élevé au moment où la totalité des feuilles est noircie et recroquevillée. Le nombre très réduit de vaisseaux libéro-ligneux non obstrués par le mycélium du champignon ne pouvant répondre aux exigences de la plante, cette dernière flétrit.

On peut donc admettre que la mort des caféiers est la conséquence de l'obstruction totale ou partielle des vaisseaux libéro-ligneux par le mycélium dense du parasite (fig. 11).

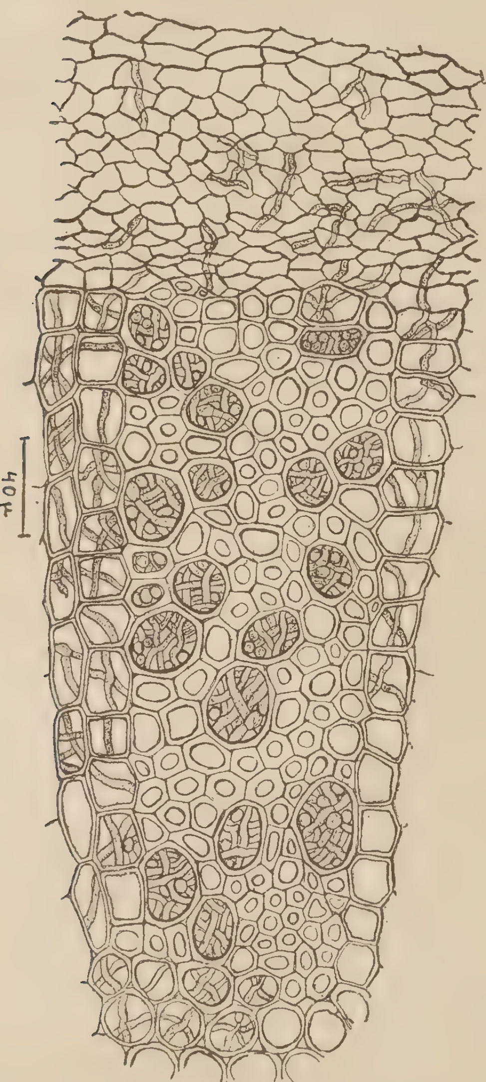


Fig. 11. — Coupe transversale dans une tige de *Coffea excelsa* âgé de neuf mois, montrant la présence du mycélium dans les vaisseaux du bois, les rayons médullaires et le liber.

Des recherches plus attentives, surtout sur les caféiers jeunes contaminés artificiellement par une blessure sur l'écorce, ont permis de poursuivre non seulement la progression des hyphes d'infection à travers les tissus, mais également la réaction des tissus méristématiques en présence du champignon et leurs altérations.

Ainsi, lorsque le mycélium, progressant entre les cellules suivant la membrane mitoyenne, gagne le tissu cortical moyen, le cytoplasme des cellules directement en contact avec lui, ou très voisines, brunit alors que les cellules du cambium s'allongent sensiblement, prenant la forme des cellules en palissade des feuilles avec un cloisonnement transversal très marqué. La multiplication rapide des cellules du tissu méristématique aboutit à un épaississement notable de l'écorce qui, extérieurement, manifeste un bourrelet hypertrophié, localisé autour de la blessure.

De nombreuses coupes identiques faites ultérieurement ne permirent de constater aucune formation de tissus de liège protecteur comme il s'en observe dans les tissus de l'écorce du pommier et du poirier par exemple, atteints par *Fusicladium dendriticum* ou *pirinum*.

Il est fort possible que le mycélium du champignon sécrète des toxines qui neutralisent toute action réactionnelle des tissus méristématiques, d'autant plus qu'assez souvent on observe des altérations de cellules assez éloignées des hyphes mycéliennes du champignon.

On peut encore admettre que, la progression du mycélium étant très rapide vers l'intérieur des tissus, les cellules des assises subéro-phellodermique et libéro-ligneuse n'arrivent pas à proliférer pour s'opposer à la pénétration du parasite.

Sur jeunes tiges de *Coffea excelsa*, la pénétration du mycélium à l'intérieur des tissus de l'écorce provoque une altération profonde des cellules vivantes du tissu cortical moyen et des hypertrophies des cellules méristématiques qui s'allongent et se cloisonnent transversalement. Mais la formation de tissus protecteurs subérifiés qui s'opposeraient à la progression du parasite n'a pu être observée. De même sur caféiers âgés.

Ces hypertrophies intéressent uniquement les cellules du tissu cortical profond et les cellules méristématiques de l'assise libéro-ligneuse dans la région située autour du traumatisme par où a pénétré le parasite.

C'est probablement à ce manque d'aptitude des cellules fonctionnelles de former des barrières

protectrices qu'est due la généralisation du mycélium du champignon à l'intérieur des tissus, suivie de la mort des caféiers *excelsa* atteints. Toutefois nous n'excluons pas l'intervention de phénomènes d'ordre physico-chimique et du pH du suc cellulaire de cette espèce, et intermédiaires, qui conviendrait parfaitement au développement du parasite.

Progression du mycélium

A. *En coupes transversales* (fig. 12). — Faites au niveau du cylindre central et colorées au bleu coton lactique, elles permettent de déceler, comme nous l'avons vu, le mycélium abondant dans les vaisseaux et cellules de soutien et qui constitue un réseau très dense et compact.

En poursuivant sa progression à partir d'un vaisseau situé au-dessous du liber, on constate qu'il remplit et la cavité du vaisseau et celles des cellules qui l'entourent, bien que leurs membranes soient très épaisses. Par un examen plus attentif, on constate que le mycélium à l'intérieur du vaisseau est en rapport avec celui qui se trouve dans les cellules de soutien. En effet, au contact de la paroi interne du vaisseau, il s'amincit, émet un appressorium qui, semblable à un mince filament à peine coloré par le bleu lactique, traverse toute la partie épaisse de la paroi ; au niveau de la membrane mitoyenne, le filament s'élargit et, s'amincissant à nouveau, se dirige vers la cavité de la cellule voisine où il prend forme et dimensions normales. Ainsi, le mycélium pénètre d'une cellule à l'autre en traversant les parois épaisses même des cellules de soutien et des rayons médullaires (fig. 13).

Le passage du mince filament mycélien à travers ces parois correspond probablement au point où la lignine est la moins épaisse.

La figure 14, représentant des vaisseaux du bois fortement grossis entourés de cellules de soutien, montre mieux que le processus de pénétration du mycélium d'une cellule à l'autre se fait par les parties non lignifiées des parois. En effet, la lignification des parois des vaisseaux du bois et des

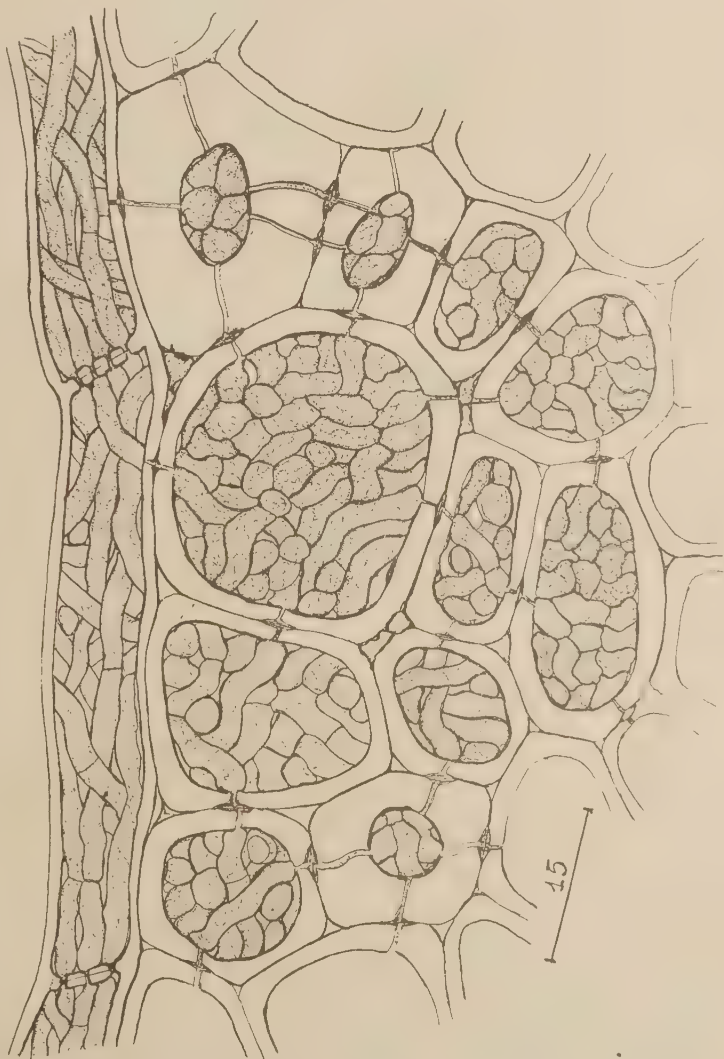


Fig. 12. — Coupe transversale dans une tige de *Coffea excelsa* montrant l'envahissement des vaisseaux du bois, des tubes criblés et des cellules de soutien par le mycélium du champignon. Ech. : 15 μ.

cellules de soutien n'est pas continue, elles restent par endroits cellulosiques, ce qui permet les échanges d'éléments nutritifs.

B. *En coupes longitudinales.* — Elles permettent de mieux suivre la progression du mycélium. Celui-ci dans les vaisseaux du bois forme des faisceaux denses constitués par de nombreux fila-

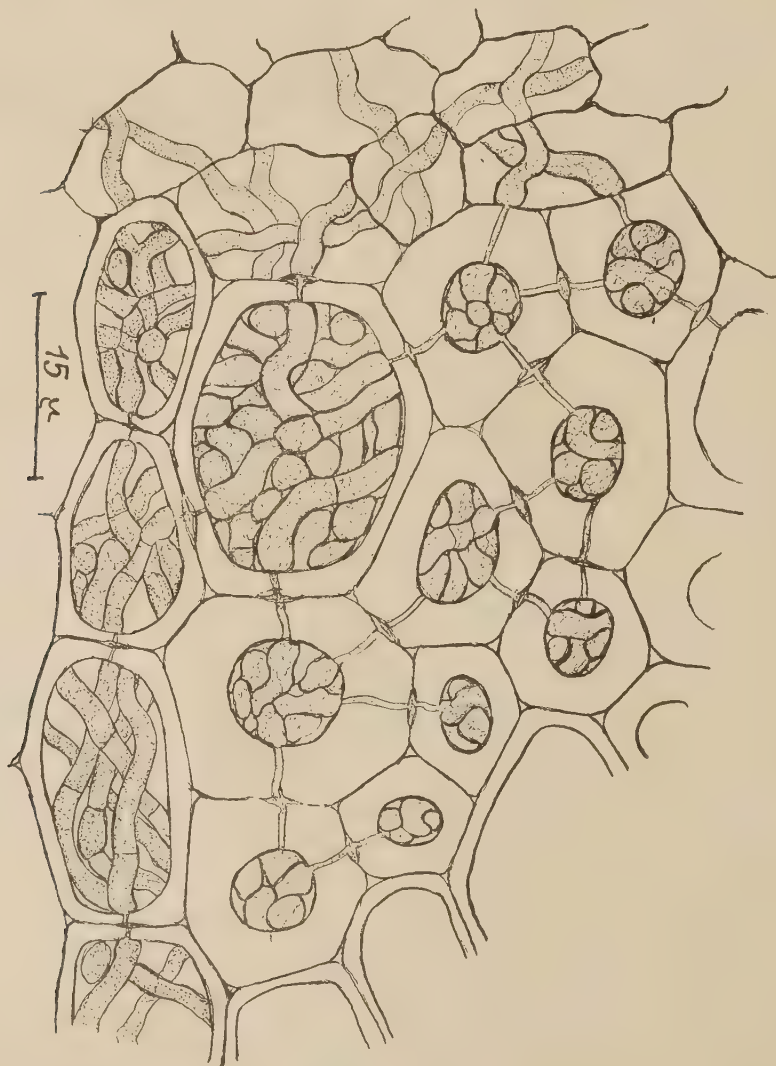


Fig. 13. — Portion d'une coupe transversale dans une tige de *Coffea excelsa* montrant le cheminement du mycélium dans les rayons médullaires, vaisseaux du bois et cellules de soutien.

ments serrés les uns contre les autres occupant toute la cavité cellulaire. Dans les vaisseaux criblés du liber (fig. 15), le mycélium passe d'une cellule à l'autre à travers les parois criblées non lignifiées en se rétrécissant au moment où il traverse la membrane mince des cloisons.

Son passage d'un vaisseau dans les cellules de soutien voisines, vu en coupe longitudinale, est représenté de place en place par une traînée à peine colorée en bleu ; puis, au niveau de la

membrane mitoyenne, le mycélium s'élargit légèrement, devient plus coloré et perce à nouveau la membrane en s'amincissant pour gagner la cavité. Là, il prend sa forme et ses dimensions habituelles et se cloisonne. Il obstrue complètement, en se ramifiant, la cavité cellulaire.

Dans les vaisseaux ponctués, réticulés et spiralés du bois, le mycélium très dense traverse les membranes pour gagner les cellules voisines de soutien de la même façon que précédemment.

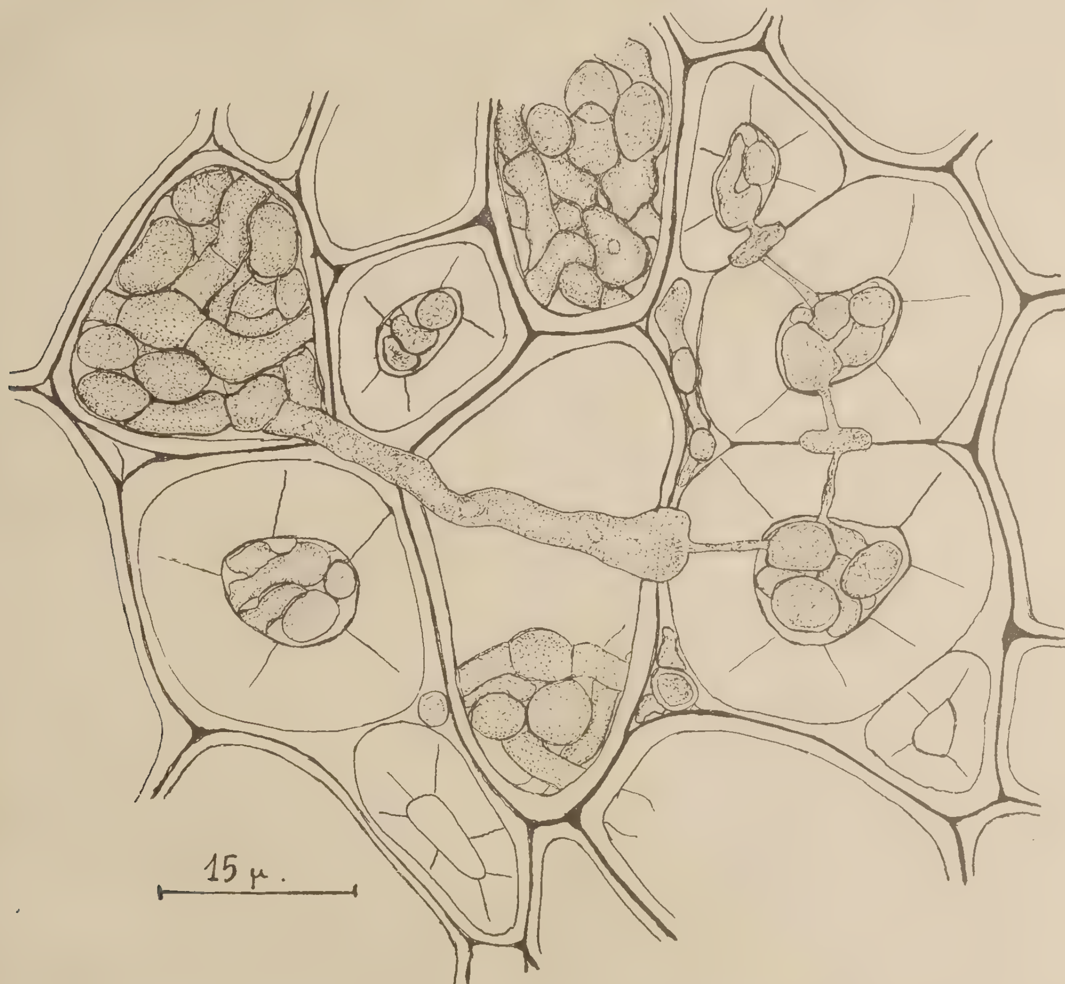


FIG. 14. — Quelques cellules de soutien entourant les vaisseaux du bois fortement grossis, montrant la progression du mycélium du parasite.

Le mycélium envahit également les pétioles et les nervures principales des feuilles, surtout des jeunes caféiers. Il est présent non seulement dans leurs vaisseaux libéro-ligneux mais aussi dans les cellules de soutien et le parenchyme (fig. 16).

Il est à signaler cependant que, dans les cellules subérifiées de forme aplatie qui constituent le tissu liégeux composé, suivant l'âge du caféier, de plusieurs couches en files contiguës, nous n'avons jamais observé de mycélium ni à l'intérieur, ni entre les cellules. Ce fait nous permet d'expliquer que le champignon ne pouvant pas traverser les membranes subérifiées du liège de la partie extérieure de l'écorce, il lui est indispensable, pour gagner les tissus internes, de pénétrer par une blessure plus profonde que les couches de liège, mettant à nu les cellules vivantes et non subérifiées de l'écorce ou du cylindre central.

Les coupes transversales et longitudinales faites sur les racines permettent de faire les mêmes observations que sur les tiges.

Signalons en outre que, dans le mycélium abondant des vaisseaux du bois, nous avons observé très fréquemment la formation de chlamydospores, ainsi que, en coupes longitudinales, à

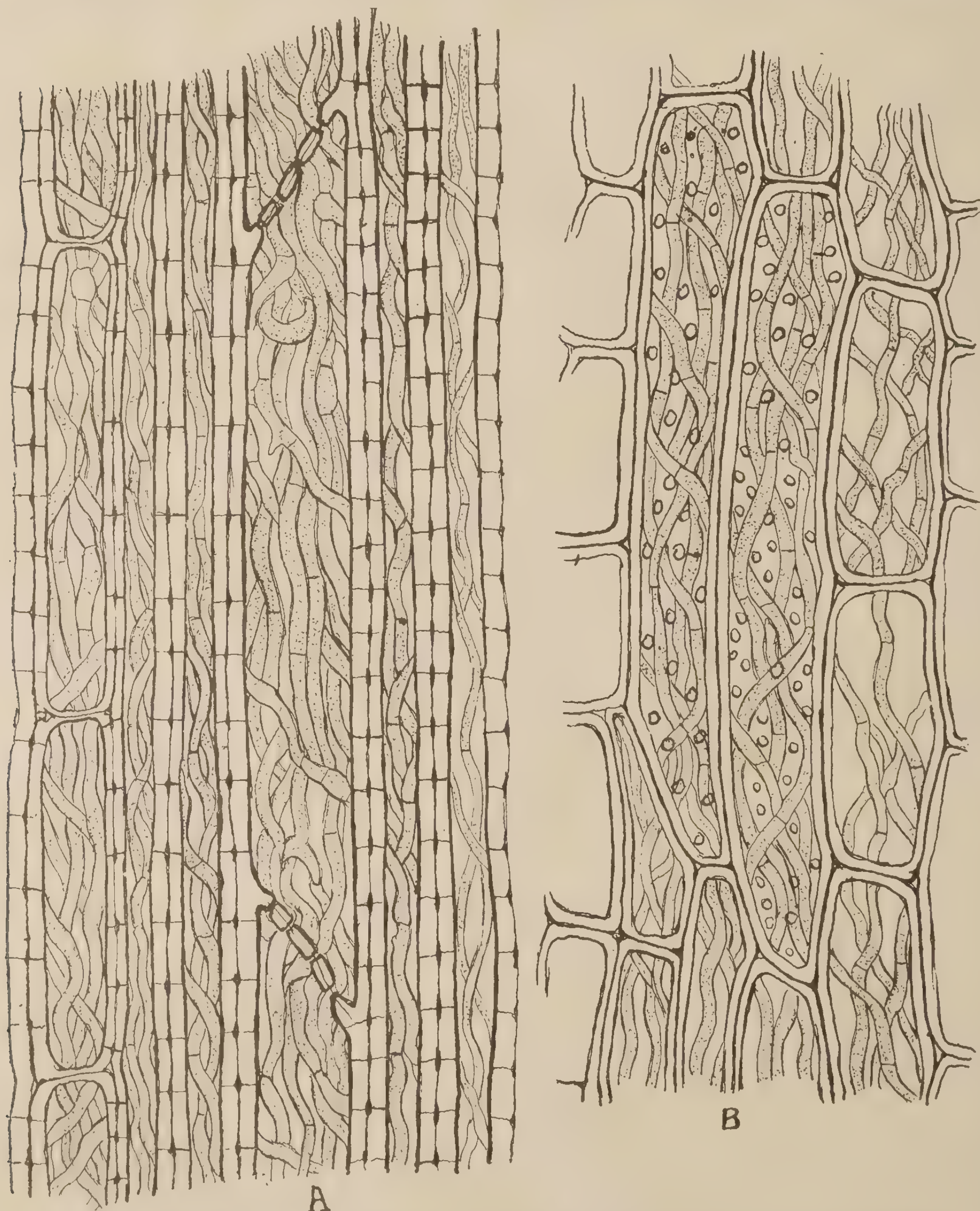


FIG. 15. — A : coupe longitudinale dans une tige de *Coffea excelsa*, montrant les tubes criblés et les cellules de soutien envahis par le mycélium du champignon.

B : Vaisseaux ponctués, envahis par le mycélium du champignon.

l'intérieur de vaisseaux ligneux, morts depuis longtemps et presque complètement désorganisés, la présence de quelques micro et macroconidies, mais jamais de conidiophores.

Ainsi, de cette étude anatomique il résulte que :

1° Les fibres du cylindre central des caféiers morts de trachéomycose prennent, plus ou moins partiellement, une coloration brun-noir violacé, plus intense lorsqu'ils sont morts depuis longtemps.

2° Un mycélium incolore, intra et intercellulaire, envahit les vaisseaux libéro-ligneux provoquant leur obstruction plus ou moins totale et par suite l'apoplexie des caféiers par arrêt de la circulation des sèves, ainsi que par altération des cellules en contact avec lui.

En se généralisant, il peut gagner le sommet et les racines, sauf des arbres de grande taille, avant la mort complète, et envahir les pétioles et les nervures principales des feuilles.

3° La pénétration du parasite se faisant par une blessure, la présence du mycélium dans les tissus corticaux provoque une hyperplasie des cellules méristématiques dont il résulte une hypertrophie se manifestant extérieurement par un bourrelet.

4° Les cellules sous-jacentes au mycélium ne se différenciant pas en liège réactionnel capable d'arrêter la progression des hyphes en profondeur, l'autoprotection mécanique est nulle.

La progression du mycélium entre les cellules se fait en suivant les méats et la membrane mitoyenne, et le passage d'une cellule à l'autre à travers les portions de membranes encore cellulosiques.

6° Le mycélium est capable parfois de pénétrer les cellules sclérenchymateuses encore fonctionnelles ; mais jamais celles des tissus superficiels du liège subérifié (écorce extérieure).

7° Des chlamydospores mycéliennes ont été observées dans les vaisseaux du bois, et parfois des micro et macroconidies fusariennes.

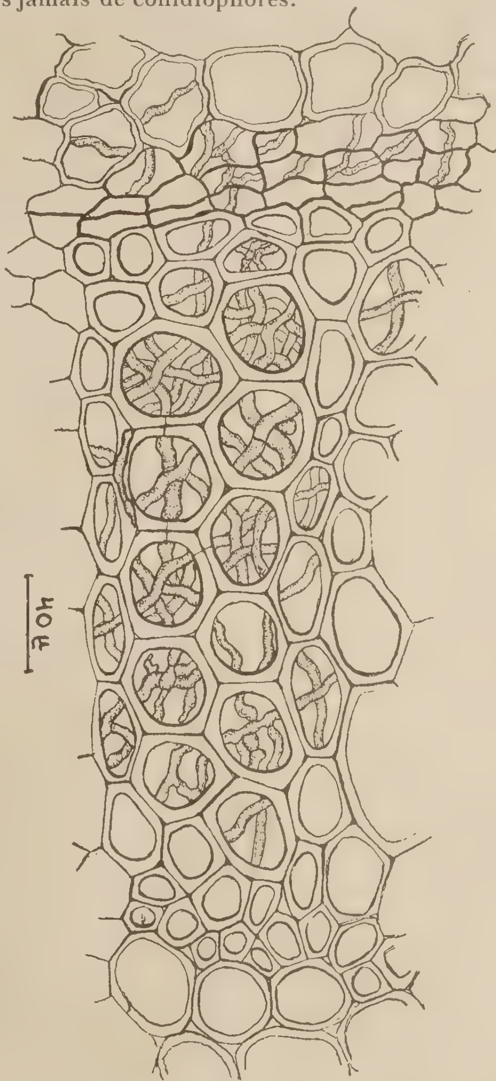


Fig 16. — Coupe transversale dans un pétiole d'une feuille de *Coffea excelsa*, montrant l'envahissement des cellules par le mycélium du champignon.

VII. — MOYENS DE LUTTE

Les observations dans la Nature et les études que nous venons de présenter nous ont permis d'établir les faits suivants :

1° Le *Fusarium xylarioides* Steyaert est un parasite *interne* évoluant à l'intérieur des vaisseaux libéro-ligneux et des cellules de soutien, provoquant la mort foudroyante des caféiers.

2° Le mycélium du champignon ne pouvant pas franchir les cellules des tissus subérifiés de l'écorce, sa pénétration se fait uniquement par une blessure ou un traumatisme quelconque volontaire ou accidentel sur le tronc, les branches ou les rameaux annuels, ou encore les racines superficielles exposées à l'air libre.

3° La propagation de la maladie et la contamination des caféiers se font :

a) Par les micro et macroconidies de la forme fusarienne qui se forment abondamment sur les rameaux des caféiers atteints peu avant, ou aussitôt après la mort ;

b) Par les ascospores des périthèces de la forme parfaite qui se forment en abondance sur le collet, le tronc, les branches et rameaux surtout des *C. excelsa* et *neo-Arnoldiana* quelques jours après la mort totale ou partielle, et continuent à se former pendant plusieurs mois. Leur projection à l'extérieur se fait, dès leur maturité, sous l'action alternée de l'humidité et de la sécheresse. La pluie, le vent, les insectes et animaux transportent les spores, détachées ou échappées, à de très grandes distances, contaminant ainsi d'autres plantations même éloignées.

4° Conidies et ascospores ne germent que si elles se trouvent en présence d'une goutte d'eau ou dans une atmosphère ambiante saturée d'humidité à une température comprise entre 23 et 31°, l'optimum étant 25-27°, au bout de six à douze heures. Ce qui nous a conduit à penser que rosées matinales et pluies permettent aux spores de germer et de pénétrer rapidement par leurs tubes germinatifs à l'intérieur des tissus si une blessure leur en ouvre la voie.

Comme il nous paraît très difficile, sinon impossible, de détruire le champignon dès qu'il a atteint les tissus internes, d'autant plus que les symptômes n'apparaissent qu'à ce stade, il en résulte que nous ne pouvons combattre la maladie mais seulement la prévenir.

Lutte préventive

A. — *Moyens mécaniques.*

Pour empêcher l'extension de la maladie dans les plantations atteintes et préserver les plantations saines, la destruction de tout foyer de contamination doit être obligatoire et les mesures suivantes doivent être scrupuleusement appliquées par tout planteur, européen et autochtone :

1° Arrachage et destruction par le feu de tout caféier mort ou mourant de trachéomycose, constituant un milieu de multiplication du parasite et un foyer de contamination redoutables.

L'arrachage doit se faire dès la manifestation des premiers symptômes de la maladie, ou tout au moins immédiatement après la mort totale du caféier, avant la formation des conidies et ascospores.

Fréquemment, la maladie débute sur une branche blessée qui meurt avant que la maladie se soit généralisée. Conidies et périthèces peuvent apparaître sur cette branche alors que le reste de l'arbre est encore bien vivant et vert. Ces caféiers doivent être arrachés et incinérés comme les autres.

2° Ramasser tout débris, feuilles mortes et brindilles, provenant de ces caféiers atteints et les détruire par le feu, pour éviter que le mycélium du champignon, qui existe à l'intérieur des pétioles et nervures principales des feuilles, fructifie à leur surface en donnant les conidies organes de propagation de la maladie, ainsi que nous l'avons constaté sous les caféiers morts et sur des feuilles mises sous cloche dans une atmosphère saturée d'humidité.

Tant que ces mesures ne seront pas intégralement suivies, il sera impossible d'agir utilement contre ce fléau.

B. — *Moyens chimiques.*

La voie de pénétration étant ouverte par une blessure, tant volontaire : taille, écimage, recépage, qu'accidentelle et pouvant alors être causée par les instruments de culture au moment des sarclages, binages, nettoyages ou au cours de la récolte (branches et rameaux cassés), ou encore par les insectes xylophages, borers, xylebores, termites, les insectes piqueurs, punaises, cochenilles, etc..., il est indispensable de désinfecter toute blessure à l'aide d'un produit anticryptogamique.

1° Des expériences *in vitro* ont démontré que certains produits employés, même à très faibles doses, empêchent la germination des conidies et ascospores du *Fusarium xylarioides*, même si elles sont placées dans les conditions optima de température et d'humidité.

Nous avons essayé les anticryptogamiques suivants :

sulfate de cuivre ($SO^4Cu, 5H^2O$),
sublimé corrosif ($Hg\,Cl^2$),
formol du commerce, à 40 % d'aldéhyde formique (CH^2O).

a) *Sulfate de cuivre.* — Des conidies et des ascospores ont été placées en gouttes pendantes de solutions étendues aqueuses de sulfate de cuivre allant de 1 ‰ à 0,5 % dans des cellules de Van Tieghem, ainsi que sur de minces couches de milieux nutritifs dans les cellules de Ranvier. Ces préparations étaient maintenues à 25 et 27° C. pendant plusieurs jours et examinées comparativement à des témoins.

Nous avons pu constater que sur les premières, aucune germination ne se produisait même au bout de cinq jours.

b) *Sublimé corrosif.* — Des conidies et ascospores en suspension dans des solutions de sublimé corrosif variant de 1 à 3 ‰, en gouttes pendantes dans les cellules de Van Tieghem, furent maintenues avec des témoins à 25 et 27° pendant quatre jours et examinées régulièrement chaque jour.

Alors que la germination était totale dans les préparations-témoins, elle était nulle dans les autres.

c) *Formol du commerce.* — La même expérience a été faite en plaçant les conidies et ascospores en suspension dans des solutions de formol du commerce de 0,25 à 1 % dans des cellules de Van Tieghem, conservées dans les étuves à 25 et 27° avec un témoin pour chaque concentration. Aucune germination ne s'est manifestée même au bout de quatre jours, sauf pour les témoins où elle était totale.

De ces trois produits efficaces contre la germination des spores du *Fusarium xylarioides*, nous n'avons retenu que le sulfate de cuivre, le formol étant volatil et de durée d'action par conséquent trop courte, et le sublimé corrosif dangereux par les empoisonnements que peut susciter sa manipulation.

2° Expériences sur le terrain. — A la suite des essais *in vitro*, nous avons cherché à démontrer leur portée pratique.

Nous avons choisi quatre lignées de *Coffea excelsa* et de chacune quatre caféiers.

X 1	X 1	X 1	X 1
X 2	X 2	X 2	X 2
X 3	X 3	X 3	X 3
X 4	X 4	X 4	X 4

a) Tous les caféiers 1 de chaque lignée ont été pulvérisés tous les trois mois avec une bouillie bourguignonne ainsi composée :

Sulfate de cuivre	0,5 kg.
Carbonate de soude	q. s. pour neutraliser
Caséine (adhésif)	0,05 kg.
Eau (de pluie ou de source)	100 litres

Aussitôt après chaque traitement, troncs et branches principales étaient badigeonnés avec le mélange suivant, en vue de les protéger contre les attaques des termites, borers, xylebores, etc...

Sulfate de cuivre	2,5 kg.
Sulfate ferreux	2,5 —
Chaux éteinte	5 —
Arséniate de soude	1 —
Sel marin	0,5 —
Eau (de pluie ou de source)	100 litres

b) Les caféiers 2 et 3 de chaque lignée ont été taillés et écimés deux fois durant les expériences.

Sur leur tronc, des blessures ont été faites à plusieurs endroits et immédiatement désinfectées, à l'aide d'un pinceau, avec une solution ainsi composée :

Sulfate de cuivre	2,5 kg.
Sulfate ferreux	2,5 —
Eau (de pluie ou de source)	100 litres.

Puis, les caféiers ont été traités avec de la bouillie bourguignonne et leurs troncs et branches principales badigeonnés en employant les mêmes formules que pour les caféiers 1.

Quarante-huit heures après, ils étaient aspergés, à l'aide d'un pulvérisateur à main, à pression préalable, avec des conidies prélevées de tubes de culture et des ascospores obtenues en écrasant des périthèces, en suspension dans 2 litres d'eau, de sorte que toute la surface du tronc, des branches, rameaux et feuilles était couverte de fines gouttelettes contenant les spores du *Fusarium*. Une deuxième aspersion identique était faite trente-six heures après.

Ces opérations ont été répétées tous les trois mois.

c) Les caféiers 4 de chaque lignée ont été taillés, écimés et leur tronc blessé à plusieurs endroits ; puis aspergés avec des conidies et ascospores de *Fusarium xylarioides* de la même façon que précédemment, deux fois à intervalle de trente-six heures.

Trois jours après la dernière aspersion, nous avons procédé à une pulvérisation de bouillie bourguignonne à 1 % de sulfate de cuivre, et à un badigeonnage des troncs blessés avec le mélange utilisé pour les caféiers 1.

Résultats. — Durant deux années, les caféiers n'ont pas été atteints par la trachéomycose, au contraire leur végétation est plus vigoureuse que les autres et leur floraison excellente. Feuilles et rameaux n'abritent, en outre, aucun parasite cryptogame.

Les caféiers 2 et 3 n'ont subi aucune contamination ; ils offrent une végétation normale.

Les caféiers 4 ont subi une mortalité de 100 % : la maladie s'est manifestée sur trois pieds, quatre mois après l'aspersion de spores ; ils mouraient deux mois plus tard. Le quatrième était également atteint six mois après le début de l'expérience.

3° Nous avons tiré de ces expériences les conclusions suivantes relatives à la préservation des caféiers contre la trachéomycose :

a) **Désinfection des blessures.** — Toute plaie, au fur et à mesure qu'il s'en forme, devra être désinfectée avec la solution anticryptogamique composée de :

Sulfate de cuivre	2,5 kg.
Sulfate ferreux	2,5 —
Eau (de pluie ou de source)	100 litres

Seront de la même façon désinfectées toutes les plaies résultant de la suppression, un peu au-dessous de la partie morte, de tout rameau ou branche, desséché par une cause quelconque ou attaqué par des xylebores, zeuzères, etc...

b) **Lutte contre les insectes xylophages** (termites, borers, xylebores, etc...) qui ouvrent la voie de pénétration au parasite.

Leurs attaques seront prévenues en badigeonnant les troncs et grosses branches deux à trois fois par an, au début et à la fin de la saison sèche, ainsi qu'au début de la petite saison sèche, avec le mélange suivant qui, appliqué sur hévéas et caféiers, nous a donné d'excellents résultats :

Sulfate de cuivre	2,5 kg.
Sulfate ferreux	2,5 —
Chaux	5 —
Arséniate de soude	1 —
Sel marin	0,5 —
Eau	100 litres.

Ces badigeonnages, par la pellicule qu'ils laissent sur les troncs et branches, constituent non seulement une barrière très efficace contre les borers et les termites par la présence de l'arséniate de soude soluble qui imprègne les tissus externes, mais également une couche protectrice contre les conidies et ascospores de la trachéomycose, les sels de cuivre s'étant révélés néfastes à la germination des spores, même à des concentrations très faibles.

c) **Traitements préventifs.** — Les bouillies cupriques, bordelaise et bourguignonne, préconisées contre de nombreux parasites cryptogames (*Colletotrichum coffeanum*, ou anthracnose du caféier, *Corticium salmonicolor*, ou maladie rose, *Hemileia vastatrix*, ou rouille du caféier, etc...) qui sévissent actuellement avec intensité dans les plantations de l'Oubangui-Chari, peuvent également préserver les caféiers des contaminations par la trachéomycose qui pourraient se produire par une

blessure, ou traumatisme quelconque, des branches secondaires et rameaux, comme nous l'avons observé à plusieurs reprises.

La dose de sulfate de cuivre ne doit pas dépasser 1-1,5 %. Des essais faits avec ces bouillies bourguignonnes à 2-3 % de sulfate de cuivre neutralisé ont provoqué des brûlures profondes accompagnées d'une chute massive des feuilles.

A cause de la grande pluviosité, il est indispensable d'employer un adhésif. La caséine que nous avons ajoutée à la bouillie, à raison de 0,05 %, a donné de très bons résultats : pendant la période des pluies, la pellicule protectrice est restée sur les feuilles.

La stricte application de ces mesures par tous les planteurs pourrait probablement à la fois empêcher l'extension de cette grave épiphytie dans les plantations déjà atteintes et protéger les plantations saines.

C. — *Méthodes génétiques.*

Les moyens préventifs que nous venons d'exposer contre la trachéomycose sont assez coûteux et exigent beaucoup de compréhension et de bonne volonté de la part des planteurs, étant donné les obstacles qu'ils rencontrent pour faire acheminer jusqu'à eux les produits et le matériel nécessaires dans un pays où les voies de communication sont difficiles.

La recherche de variétés, lignées ou hybrides résistant à la trachéomycose et présentant en même temps d'autres qualités (productivité, propriétés gustatives, etc...), est la méthode la plus rationnelle et économique à envisager. Elle nécessite évidemment la collaboration étroite d'un génétiste et d'un phytopathologiste. La Station Centrale de Boukoko possède un matériel végétal abondant qui permet aux spécialistes d'entreprendre des recherches de cette nature à grande échelle. Déjà plus de dix mille jeunes *Coffea excelsa* et *neo-Arnoldiana* provenant de caféiers âgés de vingt ans et d'origines variées, et sur lesquels porteront les recherches, ont été semés.

Cependant, en ce qui concerne ces deux espèces, dont tous les caféiers contaminés artificiellement sont morts de trachéomycose, il sera, à notre avis, très difficile de découvrir des lignées résistant à cette maladie.

Sur *Coffea robusta*, nos premières expériences, conduites sur un nombre réduit de pieds de cinq lignées, nous permirent de déceler que leur comportement en matière de sensibilité est très variable suivant les lignées et qu'il est certainement possible d'en trouver qui puissent résister au parasite.

En effet, après quatre contaminations successives avec les spores du *F. xylarioides* et par blessures, les résultats étaient les suivants :

Lignée	A 583	sensibilité	100 %
—	I 502	—	75 %
—	I 328	—	50 %
—	B 85	—	100 %
—	B 10	—	0

De nombreuses lignées de *C. robusta* ont été plantées en vue de leur expérimentation. Elles feront l'objet de recherches dans ce domaine. La mise au point d'un matériel résistant à la maladie et économiquement intéressant est l'objectif de travail vers lequel seront concentrés tous les efforts de la division phytopathologie-entomologie et du laboratoire de génétique de Boukoko.

Les premiers essais en vue de déterminer la possibilité de transmission de la maladie par les graines ont donné jusqu'ici des résultats négatifs.

VIII. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude morphologique, biologique et expérimentale de la trachéomycose des caféiers nous a conduit aux conclusions suivantes :

1. Le *Fusarium xylarioides* est bien l'agent responsable de la trachéomycose non seulement des *Coffea excelsa* cultivés en Oubangui mais également des *C. neo-Arnoldiana* et *Dewevrei*, et tout dernièrement, il a fait son apparition sur *C. robusta*, considéré comme réfractaire à ce parasite. Les *excelsa* spontanés sont aussi atteints dans leur habitat naturel.

2. Les symptômes extérieurs de la maladie sont identiques pour toutes les espèces, se manifestant par : jaunissement partiel ou total des feuilles, brunissement généralisé ou unilatéral des extrémités des jeunes pousses et de leurs feuilles qui deviennent flasques, pendent vers le sol, noircissent en se recroquevillant, se dessèchent et tombent. La mort des rameaux, des branches et de l'arbre entier, à progression descendante, se réalise au bout de quelques jours.

Sur rameaux, branches et tronc, des efflorescences mycéliennes blanc-rosâtre constituées par la forme conidienne (*Fusarium*) apparaissent aussitôt après la mort. Quelques jours après, de dix à quinze, les périthèces de la forme parfaite font leur apparition dans les crevasses de tous les organes aériens des caféiers sous forme de corpuscules bleu-noirâtre, agglomérés sur un stroma développé, très fréquents et abondants sur C. *excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *Dewevrei*, moins fréquents sur *C. robusta*.

La formation de périthèces continue longtemps après la mort partielle ou totale des caféiers.

3. Le bois des caféiers morts se colore par plages en brun-violacé, coloration due aux pigments diffus sécrétés par le mycélium du champignon.

4. L'apparition des premiers foyers de la maladie et sa progression dans les plantations ne se font ni en lignes continues, ni en taches d'huile, mais suivant un processus mal défini permettant d'écarter toute hypothèse de contamination par le sol. Elle se fait par les organes aériens ou les racines exposées à l'air libre, à partir des conidies et ascospores formées abondamment dès la mort des caféiers.

5. L'étude micrographique de ce *Fusarium* sur milieux nutritifs variés a permis de mettre en évidence un polymorphisme dans l'aspect des caractères culturaux ; mais certains d'entre eux sont constants dans la plupart des milieux, à savoir : mycélium aérien, à végétation pauvre ; colonies évoluant en zones concentriques ; aspect des colonies gluant, donnant l'apparence d'une culture bactérienne ; présence de pionnotes, sclérotes et périthèces ; plectenchyme mince peu développé ; sécrétion de pigments bleu-violacé, bleu-verdâtre et bleu-noir violacé, parfois absents. Sur pomme de terre, mycélium abondant, blanc-jaunâtre avec pigment bleu-verdâtre intense ; abondants pionnotes, sclérotes et périthèces.

6. L'étude microscopique permet de caractériser cette espèce par :

la présence de microconidies abondantes ou très abondantes, allantoïdes, cylindriques, subcylindriques, unicellulaires, disposées en fausses têtes sur des conidiophores courts, non ou peu ramifiés, naissant au bout de trois à quatre jours.

la présence de macroconidies moins abondantes, naissant sur des conidiophores verticillés ; falciformes, en croissant, à sommet recourbé en bec, à base pédiforme, tétiniforme ou indifférenciée, 0-3-septées, rarement 4-septées, prédominance de celles à une cloison.

la présence de chlamydospores uni et bicellulaires, à parois épaisses et lisses ; mycéliennes ; conidiennes, intercalaires, terminales et latérales.

la présence de pionnotes gluants, étalés ou globuleux, jaune saumon, de sclérotes puis de périthèces bleu-noir reposant sur un stroma très développé et ramifié.

Ses caractères microscopiques éloignent cette espèce du groupe des *Arachnites* de WOLLENWEBER et REINKING dans lequel elle avait été classée par STEYAERT. La découverte de sa forme parfaite classée tout dernièrement par le professeur HEIM (6) dans le genre *Gibberella*, sous le nom de *Gibberella* (*Carbuncularia*) *xylarioides*, éloigne davantage encore le *Fusarium* de ce groupe, pour le faire entrer dans le groupe *Liseola*.

7. La forme parfaite (ascosporée) à laquelle se rattache le *Fusarium xylarioides*, qui apparaît abondamment sur les caféiers morts de trachéomycose et que nous avons obtenue sur milieux nutritifs variés, est caractérisée par la présence de périthèces ovales ou globuleux, à parois épaisses, bleu-noir à reflet violacé, naissant sur un stroma parfois exagérément développé et ramifié pouvant atteindre 1 à 2,5 mm de haut, d'origine très profonde, de même coloration que les périthèces, mesurant 200-400 × 180-350 μ. Asques cylindriques, courtement pédicellés, non accompagnés de paraphyses, mais de paraphysoïdes ; 70-110 × 7-11 (80-90 × 8-10) μ ; octosporés, ascospores hyalines à faiblement jaunâtres, à membrane finement échinulée, uniseptées, avec léger étranglement aux septas ; rarement 2-septées et exceptionnellement 3 ; ovoïdes à ellipsoïdes, mesurant 14,25 × 5,21 (11-18,5 × 4-6,5) μ.

8. La température optimum de germination des micro et macroconidies du *Fus. xylarioides* est entre 25 et 26° C., en milieu saturé d'humidité. La température-limite maximum, dans les mêmes conditions, est entre 31-32° C. et la température léthale entre 35-40° C.

Les mêmes caractéristiques de température pour les ascospores sont respectivement : 26-27° C., 32° C. et 40° C.

9. Conidies et ascospores exigent pour germer un milieu saturé d'humidité, l'humidité sous forme d'eau liquide étant la plus favorable. En présence d'une atmosphère non saturée, la germination ne se réalise pas, même dans les conditions de température optima.

10. La déhiscence des asques et la projection des ascopores en dehors des asques ne se fait que sous l'action alternée de l'humidité et de la sécheresse, l'humidité saturée et constante favorisant la libération des ascospores des asques, mais leur projection à l'extérieur est beaucoup plus réduite que dans les conditions précitées. La sécheresse constante se montre défavorable.

11. La germination des microconidies, macroconidies et ascospores, dans les conditions optima d'humidité et de température, se déclenche au bout de six à douze heures, et se complète au bout de vingt-quatre. Suivant les conditions, elle peut être plus lente ou nulle.

Dans les conditions optima, la formation des macroconidies sur milieux nutritifs se produit au bout de trois à cinq jours ; celle des macroconidies au bout de cinq à huit jours.

Le mycélium issu des ascospores donne naissance à des micro et macroconidies, trois à quatre jours après leur mise en germination.

Dans les deux cas, les conidiophores à micro et macroconidies naissent presque toujours sur les filaments périphériques de la colonie.

12. L'infection et la pénétration du parasite à l'intérieur des tissus se font uniquement à partir d'une blessure, volontaire ou accidentelle, sur les parties aériennes des caféiers, collet, tronc, branches et rameaux, ou sur les racines superficielles. en partie découvertes et blessées. En aucun cas, par les parties souterraines.

Le champignon peut s'attaquer aux caféiers de tout âge, depuis le stade cotylédonaire jusqu'à l'âge le plus avancé ; mais l'apparition des premiers symptômes et la mort sont d'autant plus rapides que les caféiers sont plus jeunes et plus petits.

13. La contamination des caféiers peut se faire aussi bien par les ascospores que par les micro et macroconidies.

14. Les observations dans la Nature et les expériences par contaminations artificielles permettent de dégager que la sensibilité des *Coffea excelsa* et *neo-Arnoldiana* peut être considérée jusqu'ici comme totale ; par contre, parmi les lignées de *Coffea robusta* expérimentées à petite échelle, certaines se montrèrent réfractaires ou peu sensibles à l'égard de ce parasite.

15. La durée d'incubation de la maladie, c'est-à-dire le temps qui s'écoule depuis l'infection jusqu'à l'apparition des premiers symptômes est très variable suivant l'âge des caféiers et le volume des tissus, comprise entre six à dix jours pour les caféiers âgés de deux à trois mois, un à trois mois pour ceux de six mois à deux ans, deux à trois mois pour ceux de trois à cinq ans et quatre à six mois pour les caféiers âgés de sept à dix ans.

16. Le mycélium du parasite est aussi bien inter qu'intracellulaire, envahissant non seulement les vaisseaux libéro-ligneux mais aussi les cellules de soutien, celles du tissu cortical moyen de la moelle et même parfois les cellules sclérenchymateuses quand elles sont encore fonctionnelles.

17. La mort de nature apoplectique des caféiers est due, d'une part à l'obstruction des vaisseaux libéro-ligneux conducteurs de la sève brute et élaborée, et, d'autre part, à l'altération profonde des cellules au contact des hyphes mycéliennes.

18. La présence du parasite à l'intérieur des tissus provoque souvent une hyperplasie marquée des cellules cambiales, qui s'allongent et se cloisonnent transversalement en proliférant, ce qui conduit à une hypertrophie des tissus.

19. Le mycélium du champignon est incapable de pénétrer les cellules subérifiées du liège de l'écorce, d'où la nécessité d'une blessure rompant la continuité de la zone protectrice et qui met ainsi les spores en germination au contact des tissus non subérifiés.

La sensibilité des *C. excelsa* et *neo-Arnoldiana* est due à l'inaptitude de leurs cellules à former des assises liégeuses subérifiées, barrière naturelle s'opposant à la pénétration du parasite.

20. Le mycélium peut, en suivant les vaisseaux libéro-lignenx, arriver jusqu'au sommet des caféiers, envahissant même les pétioles et les nervures principales des feuilles, ainsi que les extrémités des racines les plus longues.

Ce *Fusarium* étant un parasite des tissus internes, il est impossible de le combattre. on ne

peut que le prévenir. L'infection des caféiers se faisant par une blessure ou traumatisme quelconque, la protection des plaies avec un mélange anticryptogamique approprié est une mesure préventive et indispensable.

22. Le sulfate de cuivre, s'étant montré néfaste à la germination des conidies et ascospores, peut être employé sous forme de solutions concentrées pour la désinfection des plaies, et de bouillies cupriques préventives pour préserver les caféiers contre la trachéomycose.

23. La propagation et la contamination des caféiers se faisant à partir des micro, macroconidies et ascospores des périthèces apparaissant aussitôt après la mort, l'arrachage de tout caféier mort ou mourant de trachéomycose, leur incinération, ainsi que celle de tout débris tombé de ces caféiers, sont des mesures indispensables pour diminuer le nombre des foyers d'infection.

24. Les borers et termites, ouvrant par leurs dégâts la porte d'entrée au parasite, doivent être combattus. Le badigeonnage des troncs avec un mélange contenant de l'arséniate de soude peut efficacement préserver les caféiers contre ces insectes.

25. Les méthodes génétiques par création de variétés, lignées ou hybrides résistants est la méthode la plus rationnelle et la plus économique pour combattre efficacement cette grave épiphytie.

Station Centrale de Boukoko (A.E.F.).

RÉSUMÉ. — *La trachéomycose des caféiers est une maladie très répandue en Afrique centrale et occidentale. Elle attaque les* ***Coffea excelsa, neo-Arnoldiana, Dewevrei*** *et la plupart des* ***robusta****. Elle est causée par le* ***Fusarium xylarioides*** STEYAERT. *Il semble qu'on puisse lutter avantageusement par des pulvérisations à la bouillie bordelaise, et la sélection des lignées résistantes.*

BIBLIOGRAPHIE

1. DELASSUS (M.). — « La trachéomycose des caféiers de Côte d'Ivoire ». Rapp., 3 p. dactyl., 10 juillet 1950.
2. ESTÈVE (G.). — « Observations et réflexions sur la maladie de l'*excelsa*. Existe-t-il un remède ? » Rapp., 4 p. dactyl., 31 août 1942.
3. FIGUÈRES (R.). — *A* : « Sur le pourridié — ou folletage parasitaire — des caféiers en Oubangui ». Rapp., 6 p. dactyl., 27 juillet 1939.
   B : « Sur une maladie très grave du caféier en Oubangui ». Rapp., 11 p. dactyl., 17 janv. 1940.
4. FRASELLE (J.). — « Observations préliminaires sur une trachéomycose du *Coffea robusta* ». *Bull. Agric. Congo belge*, vol. 41, nº 2, pp. 361-372, 1950.
5. GUILLEMAT (J.). — « Quelques observations sur la trachéomycose du *Coffea excelsa* ». *Rev. Bot. app. et Agr. trop.*, vol. 26, nºs 289-290, pp. 542-550, 1946.
6. HEIM (R.). — « La Carbunculariose du caféier ». *Rev. myc. Suppl. colon.*, t. XV, nº 2, pp. 89-98, 1950.
7. HEIM (R.) et SACCAS (A.). — « La trachéomycose des *Coffea excelsa* et *robusta* des plantations de l'Oubangui-Chari ». *C. R. Acad. Sc.*, t. 231, pp. 536-538, 11 sept. 1950.
8. JACQUES-FÉLIX (R). — « Première action contre la trachéomycose du caféier en Côte d'Ivoire ». Une brochure 12 p., 6 fig. Paris, 30 sept. 1950.
9. SACCAS (A.). — « Recherches préliminaires sur la trachéomycose du *Coffea excelsa* CHEV. en Oubangui Chari ». *In Bull. Stat. Centr. Boukoko*, dactyl., pp. 3-43, sept. 1950.
10. STEYAERT (R. L.). — « Contribution à l'étude des parasites des végétaux du Congo belge. *Fusarium xylarioides*, n. sp. ». *In Bull. Soc. Roy. Botan. de Belgique*, 80, 2e série, t. 30, fasc. 1 et 2, pp. 42-48, 1948.
11. WOLLENWEBER (H. W.) et REINKING (O. A.). — « Die Fusarien ». Berlin, 1935.

ALIMENTATION MINÉRALE DU RIZ

Interprétation d'un essai d'engrais réalisé à l'Office du Niger

par **B. DABIN**

Pédologue à l'Office du Niger

Dans une publication récente du service des Recherches de l'Office du Niger « Etudes agronomiques sur le riz au Soudan Français » *les différents problèmes relatifs à la fumure minérale en culture rizicole ont été exposés très en détail.*

La présente étude sera donc brève et ne comportera que l'interprétation de l'essai classique N. P. K. effectué durant la saison 1949 à la Station rizicole de Kayo sur la variété, Sikasso B.

Nous ne reviendrons pas sur la description du dispositif expérimental (méthode des blocs de Fisher); nous nous contenterons de reproduire ici le tableau des traitements et des rendements obtenus (1).

PREMIÈRE PARTIE

ENGRAIS UTILISÉS

N. sulfate d'NH_3 (20% d'N) .... 250 kg/ha
P1. phosphate bicalcique (38,4 % de P_2O_5) .... 130 —
P2. phosphate naturel (30% de P_2O_5) .... 166 —
K. chlorure de potassium (50% de K_2O) .... 200 —

Tableau des traitements

Traitements	Dose globale d'engrais kg/ha	Eléments fertilisants en kg/ha		
		N	P_2O_5	K_2O
Témoin	0	0	0	0
N	250	50	0	0
P1	130	0	50	0
P2	166	0	50	0
NP1	380	50	50	0
NP2	416	50	50	0
P1 K	330	0	50	100
P2K	366	0	50	100
NP1 K	580	50	50	100
NP2K	616	50	50	100

Résultats en % du témoin (récolte paddy, récolte paille)

Témoin .... { 3.800 kg de paddy/ha.
{ 12.000 kg de paille/ha.

(1) Voir : *Etudes agronomiques sur le riz au Soudan Français effectuées par le service agronomique de l'Office du Niger* (p. 34). Section technique d'agriculture tropicale, Nogent-sur-Marne.

Traitements	Paddy	Paille
Témoin	100	100
N	145	176
P1	99	107
P2	102	102
NP1	143	181
NP2	144	181
P1K	114	116
P2K	111	118
NP1K	147	194
NP2K	149	195

Essai hautement significatif à la probabilité P : 0,01 plus petite différence significative (paddy % témoin) :
P : 0,05 = 8 %
P : 0,01 = 11 %

Conclusions

« 1° On retrouve une fois de plus avec une très grande précision la haute efficacité du sulfate d'ammoniaque même employé seul.

« Le sulfate d'ammoniaque est indiscutablement le pivot de la fumure minérale des rizières.

« 2° Les faibles réserves du sol en acide phosphorique sont encore suffisantes pour dissimuler l'effet de cet élément fertilisant.

« L'apport de fumure phospho-potassique donne une augmentation de récolte significative par rapport au témoin, l'adjonction au sulfate d'ammoniaque n'augmente que très légèrement le rendement en paddy. »

ANALYSE DES RÉCOLTES

Méthode de travail

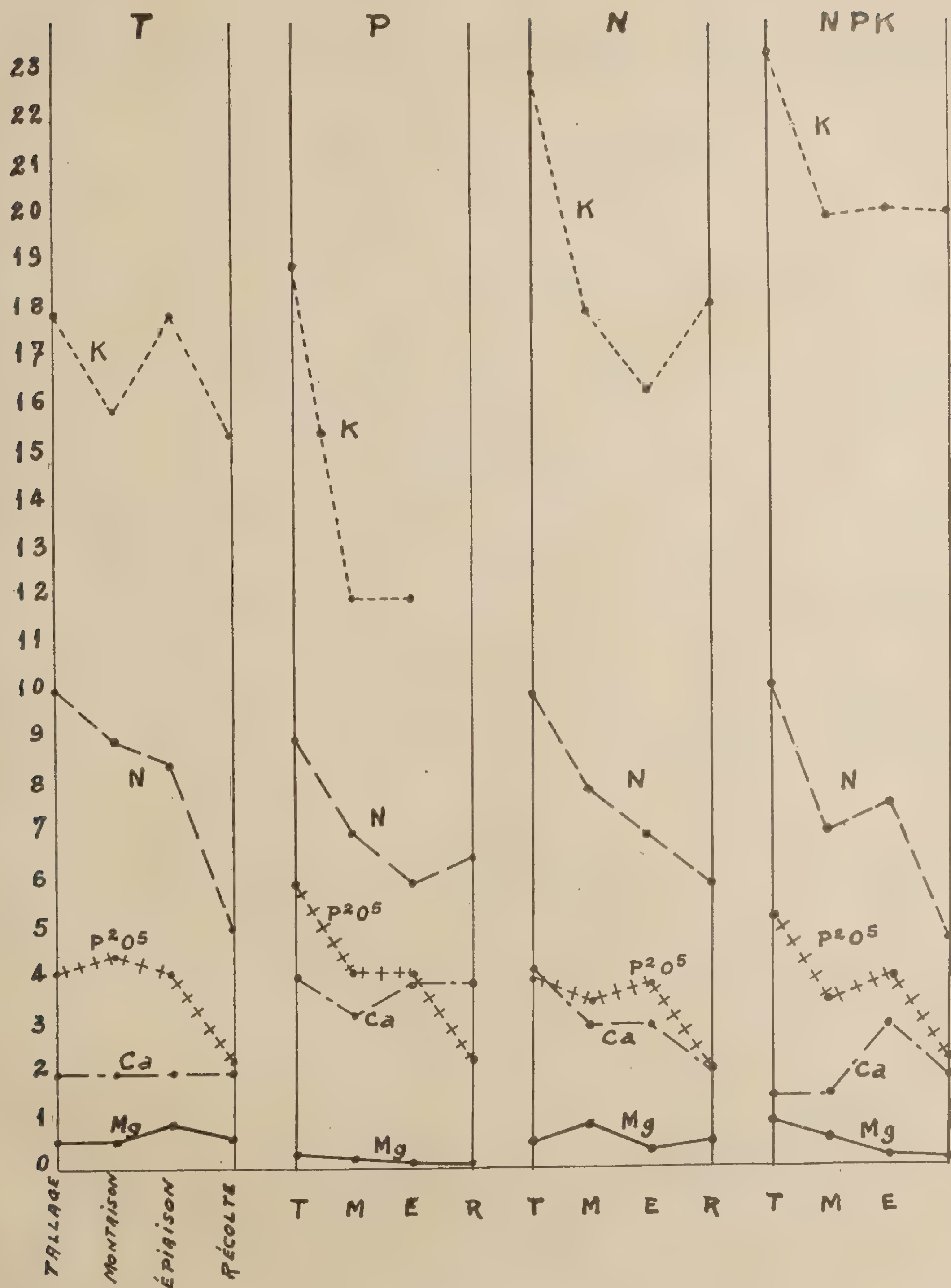
a) *Prélèvements.* — Afin de contrôler l'action réelle des divers engrais sur l'alimentation des végétaux, nous avons cherché à réaliser une sorte de « diagnostic foliaire annuel » selon le terme de Lagatu et Maume; en fait, nous avons prélevé l'ensemble, feuilles et tiges, à différents stades du développement, et, après un broyage très fin au broyeur mécanique, réalisé un échantillon moyen pour chaque traitement.

Les prélèvements de végétaux ont été effectués aux différents stades suivants :

1° tallage, 3° épiaison,
2° montaison, 4° récolte.

Résultats

Eléments dosés	Traitements	Stades du développement				
		Tallage	Montaison	Epiaison	Récolte paille	Récolte paddy
N %	Témoin	1,1	0,9	0,87	0,49	1,05
	P	0,92	0,79	0,62	0,64	1,05
	N	1,1	0,7	0,7	0,59	1,1
	N P K	1,1	0,68	0,76	0,49	1,1
P_2O_5 %	T	0,43	0,46	0,43	0,22	0,73
	P	0,58	0,42	0,42	0,21	0,73
	N	0,39	0,39	0,345	0,22	0,71
	N P K	0,52	0,36	0,41	0,2	0,74
K %	T	1,8	1,6	1,8	1,55	0,56
	P	1,88	1,55	1,24	1,24	0 55
	N	2,3	1,8	1,65	1,85	0,62
	N P K	2,35	2	2,05	2,1	0,56
Ca %	T	0,16	0,16	0,16	0,16	0,06
	P	0,4	0,32	0,4	0,4	0,06
	N	0,4	0,32	0,32	0,24	0,04
	N P K	0,16	0,16	0,32	0,16	0,04
Mg %	T	0,06	0,06	0,09	0,06	0,05
	P	0,05	0,03	0,03	0,015	0,015
	N	0,04	0 06	0,03	0,03	0,015
	N P K	0,11	0,07	0,01	0,01	0,01


Alimentation Minerale du Riz
T
P
N
NPK
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
K
N
P²O⁵
Ca
Mg
TALLAGE
MONTAISON
ÉPIAISON
RÉCOLTE
T M E R
T M E R
T M E

b) *Technique d'analyses.* — Nous avons utilisé les méthodes de semi-micro analyse de Maume, Dulac, et Bouat.

Résultats obtenus

La principale question à résoudre étant l'absence de réaction aux engrais phosphatés, la teneur en cet élément dans le sol étant particulièrement faible, nous nous sommes limités à l'analyse des traitements suivants :

Témoin	T	
Acide phosphorique seul................	P2	(phosphate naturel)
Azote seul.............................	N	
Engrais complet	NP2K	

Interprétation du tableau d'analyse

Azote. — Dans les différents traitements la teneur en azote des végétaux varie peu. L'action de l'azote se manifeste par un accroissement du rendement et une exportation supplémentaire par rapport au témoin.

Acide phosphorique. — Dans la paille à maturité, et dans le grain, la teneur en acide phosphorique est rigoureusement invariable quel que soit le traitement ; cette teneur est normale sinon élevée. L'action de l'engrais phosphaté se manifeste par un enrichissement de la plante au moment du tallage.

Il y a donc absorption de l'engrais au moment du tallage.

L'apport de sulfate d'ammoniaque seul ne provoque pas de diminution de la teneur en P_2O_5 par rapport au témoin. Le sol fournit le supplément d'acide phosphorique correspondant à l'accroissement du rendement.

Potassium. — Cet élément existe en quantité importante dans la paille. Le phosphate de chaux semble bloquer son absorption alors que le sulfate d'ammoniaque la facilite (phénomène d'échange de bases).

L'apport d'engrais potassiques (N.P.K.) enrichit la paille en cet élément.

Calcium et magnésium. — « Ce sont deux éléments complémentaires, ils peuvent en quelque sorte se substituer l'un à l'autre » (Demolon) ; la très faible teneur en magnésium dans la plante correspond à une faible teneur en cet élément dans le sol.

Bien que les besoins réels de la plante en magnésium soient peu connus, cet élément est à surveiller en raison de son importance dans la fonction chlorophyllienne.

Conclusion

Il ressort de cette étude que l'absence de réaction aux engrais phosphatés et potassiques n'est pas due à un défaut d'assimilabilité de ces substances, mais au fait que l'acide phosphorique et la potasse sont vraisemblablement fournis en quantité suffisante par le sol.

DEUXIÈME PARTIE

ANALYSE DU SOL

1° Analyse chimique

a) *Matières organiques %* :

	Horizon A 0-30 cm	Horizon B 30-75 cm
	—	—
Carbone organique	0,68	0,38
Matières organiques totales................	1,36	0,76
Azote total..............................	0,0577	0,047
C/N..................................	12	8
Acides humiques.........................	0,033	0,0125

b) *Eléments minéraux* ‰ :

	Horizon A 0-30 cm	Horizon B 30-75 cm
Acide phosphorique total (moyenne de plusieurs parcelles)	0,23	0,15
Acide phosphorique assimilable	0,003	0,002
Potassium total	0,35	0,48
Fer total	15	42,5
Fer libre (DEMOLON)	8,4	14

ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES POUR 1.000 DE TERRE SÈCHE
(extraits par l'acétate d'ammoniaque)

Calcium	0,32	0,58
Potassium	0,21	0,42
Magnésium	0,014	0,09
Sodium	0,051	0,11

ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES
(milliéquivalents pour 100 g)

Calcium	1,6	2,9
Potassium	0,52	1,05
Magnésium	0,12	0,74
Sodium	0,22	0,47
Bases échangeables totales (meq.) S	2,73	5,35
Capacité totale d'échange de bases (meq.) T	31,2	57,4
Saturation du complexe absorbant, V ou $\frac{100\,S}{T}$	8,8	9,4
Rapport Ca/Na	3,6	5,2
pH	6,3	6,4

2° ANALYSE PHYSIQUE

a) *Analyse mécanique*:

Sable grossier D > 0,2 mm	10,02 %	6,4 %
Sable fin D < 0,2 mm	55 —	19 —
Limon	17 —	17 —
Argile	17 —	57 —

b) *Structure du sol* (analyse d'agrégats) :

	Horizon A 0-30 cm	Horizon B 30-75 cm
Agrégats plus grands que 0,2 mm	30,46 %	66,9 %
Eléments fins agrégés $\frac{\text{(Agrégats — Sable grossier) 100}}{\text{100 — Sable grossier}}$	23	64
Dispersion dans l'eau en milieu concentré $\frac{\text{(Elément en suspension) 100}}{\text{Argile + Limon}}$	30	0
Porosité du sol à l'humidité équivalente	45 —	57 —
Humidité équivalente en volume (microporosité)	40,55 —	40,5 —
Capacité minima pour l'air (macroporosité)	4,5 —	16,5 —
Porosité des mottes sèches	29 —	44,5 —

c) *Perméabilité moyenne* en mètres/seconde .... $4{,}27.10^{-7}$ .... $7{,}7.10^{-6}$

EXPORTATION DES RÉCOLTES

ÉLÉMENTS EXPORTÉS EN KG/HECTARE

		Rendement kg/ha	Azote	P_2O_5	K	Ca	Mg
Témoin	grain	3.800	40	28	21	2,35	1,9
	paille	12.000	58	26,6	185	19,5	8
	total		98	54,5	206	21,85	10
Sulfate d'ammoniaque	grain	4.350	48	32	27	1,7	0,64
	paille	21.000	120	44	390	51	6,7
	total		168	76	417	52,7	7,34

L'apport d'azote augmente l'exportation de tous les éléments à part le magnésium ; la fourniture de cet élément par le sol semble donc limitée.

RÉSERVES DU SOL

Les réserves du sol sont calculées d'après une masse de terre de 4.000 tonnes/hectare pour une tranche de 25 cm d'épaisseur.

Eléments en kg/hectare

Profondeur	Masse de terre	N	P_2O_5 total	P_2O_5 assimilable	Echangeables K	Ca	Mg
0-30 cm.......	4.800 tonnes	2.750	1.100	14,5	1.000	1.600	66
30-75 cm.......	7.200 tonnes	3.500	1.100	11	3.000	4.200	689
Total......	12.000 tonnes	6.250	2.200	25,5	4.000	5.800	755

Utilisation des réserves du sol

Notons tout de suite que le dosage de l'acide phosphorique « dit assimilable » est sans valeur dans ce type de sol comme dans beaucoup de sols tropicaux, car l'exportation de la récolte est supérieure à la quantité totale de P_2O_5 assimilable contenue dans une tranche de sol de 75 cm.

A part cela, tous les autres éléments dosés à savoir : azote total, acide phosphorique total, potassium, calcium, et magnésium échangeables, peuvent être considérés comme des réserves accessibles aux plantes.

Cependant pour une tranche de sol déterminée, la quantité de chaque élément pouvant être mis annuellement à la disposition des végétaux est vraisemblablement limitée.

Le pourcentage annuel de la réserve, pour chaque élément pouvant être mis à la disposition des récoltes, s'appelle le « coefficient d'utilisation » des réserves du sol. Ce coefficient d'utilisation peut varier avec la nature des éléments et aussi la tranche de sol considérée. Il diminue vraisemblablement dans les horizons inférieurs en même temps que la teneur en humus.

Un essai en pots réalisé antérieurement nous a permis de déterminer approximativement les coefficients d'utilisation suivants (1) :

N total..	1 à 2 %
P_2O_5 total..	2 à 4 %
K échangeable..................................	10 à 15 %

On peut admettre le même coefficient pour le magnésium et le calcium échangeables.

Même en considérant les valeurs les plus élevées, on est obligé d'admettre que la plante va puiser sa nourriture au-dessous de 30 cm, c'est donc en définitive la faculté de pénétration des racines en profondeur, qui sera le facteur essentiel de l'alimentation minérale des végétaux.

PÉNÉTRATION DES RACINES DANS LE SOL

L'observation morphologique d'un profil de sol nous montre qu'il est constitué par une couche d'alluvions, dont les horizons ne se distinguent les uns des autres que par les différences de texture, de structure et parfois de couleur. Il n'existe, en particulier, aucune formation dure (cuirasse, etc...) pouvant s'opposer à la pénétration des racines, et en effet on rencontre de fines radicelles jusqu'à 58 cm et même au-dessous.

C'est l'étude de la structure du sol (porosité, perméabilité, etc...) qui nous fournira le meilleur critère de pénétration des racines.

STRUCTURE DU SOL

Nous observons d'après les résultats des analyses, un horizon A, finement sablo-limoneux et un horizon B argilo-limoneux. Dans tous les horizons le sable fin prédomine sur le sable grossier.

(1) Des essais en cases lysimétriques permettront de déterminer ces valeurs avec plus de précision.

L'horizon supérieur possède une structure peu stable, le pourcentage d'agrégats est faible, et le coefficient de dispersion élevé; la capacité pour l'air ou macroporosité et la perméabilité sont très faibles. Ce phénomène s'explique par des teneurs en argile et humus relativement peu élevées, un coefficient de saturation du complexe absorbant faible, et un rapport Ca/Na faible.

L'horizon B a une structure beaucoup plus stable, le pourcentage d'agrégats est élevé, la dispersion nulle, la macroporosité et la perméabilité sont élevées. La stabilité de la structure est due essentiellement à la haute teneur en argile (cohésion des agrégats), à la teneur élevée en fer (autofloculation des colloïdes, cimentation des particules par pectisation) et à un rapport Ca/Na un peu plus élevé.

Les constantes physiques, que nous indiquons, sont celles qui correspondent à un sol complètement tassé sous l'action de l'irrigation.

L'horizon supérieur subit chaque année l'action des instruments aratoires, le travail du sol augmente la macroporosité, et permet un développement rapide des jeunes racines en début de végétation. Malgré le tassement qui se produit par la suite, les racines trouvent dans l'horizon inférieur des conditions favorables à leur développement.

Par contre si le travail du sol est mal fait, ou insuffisamment profond, les racines se développent plus difficilement et on observe un abaissement des rendements.

Dans les sols, où l'horizon inférieur est moins stable, on observe généralement des rendements moins bons. Il serait nécessaire dans ceux-ci de pratiquer le sous-solage.

On cherche actuellement à améliorer la structure des sols par l'emploi d'engrais vert.

RÉSUMÉ. — *A part l'azote, les éléments minéraux présents dans le sol sont actuellement en quantité suffisante pour assurer d'abondantes récoltes, sous réserve d'effectuer une bonne préparation du sol.*

Par contre, étant donné la valeur élevée des exportations et l'apport insuffisant des eaux d'irrigation — Voir « Etudes agronomiques sur le riz au Soudan français » —, il est bon de prévoir d'une part le retour des pailles au sol, d'autre part une fumure d'entretien phosphatée et au besoin potassique. L'élément magnésium est à surveiller.



MÉTHODE DES TESTS RAPIDES DE MORGAN POUR L'ANALYSE DU SOL *

H. A. Lunt, C. L. W. Swanson, H. G. M. Jacobson
Connecticut Agricutural Experiment Station
Bulletin 541 (Mai 1950)

Avant-Propos

Le nom de M. F. Morgan *est connu de tous ceux qui se sont penchés sur l'analyse rapide des sols. Le* Dr Morgan *a non seulement été un des premiers à travailler dans ce domaine de la science, mais il fut en outre le pionnier qui étendit les frontières de la science jusqu'à cette section de la recherche sur les sols. Son* **Universal Soil Testing System** *est le couronnement de ses travaux.*

En 1927, il entreprit ses premiers essais d'analyse du sol en concevant un bloc d'essai en porcelaine destiné à la détermination de la réaction du sol en place au moyen d'indicateurs colorés. Un second pas fut franchi en mettant au point le test à la diphénylamine pour l'azote nitrique en se servant de ce même bloc. Ensuite vinrent les tests pour l'azote ammoniacal, le phosphore, le calcium, l'aluminium, les chlorures et les sulfates, chaque élément étant extrait séparément, puis il préconisa l'usage de la palette d'artiste ou plaque à touches. Le bloc primitif servait encore pour la détermination de la réaction du sol, mais il fut agrandi.

C'est en 1935 que le Dr Morgan *fit adopter la solution « universelle » d'extraction, fortement tamponnée, grâce à laquelle tous les principaux tests pouvaient être effectués sur des fractions aliquotes d'un seul extrait ; en même temps il remplaça le bloc primitivement utilisé par un entonnoir et il mit au point les tests pour le potassium, le magnésium, le manganèse, le fer, l'azote nitreux et le sodium. Le pH mètre fut adopté au laboratoire, mais la réaction du sol en place était toujours déterminée au moyen du bloc.*

A cette époque, le système Morgan *était déjà largement connu et adopté dans de nombreux autres états ainsi qu'à l'étranger. Il prit encore de l'extension par l'addition de tests pour le bore, le zinc, le cuivre, le mercure, le plomb et l'arsenic.*

Le dernier bulletin de Morgan ***, n° 450, intitulé « Diagnostic chimique des sols par la méthode universelle »,* **Chemical Soil Diagnostis by the Universal Soil Testing System** *remporta un vif succès et les exemplaires furent vite épuisés. Etant donné la persistance des demandes il parut à propos d'en faire une nouvelle édition après y avoir apporté quelques révisions. Celles-ci ont trait, entre autres :* a) *à une nouvelle mise en pages permettant de trouver à la suite les directives pour la préparation des réactifs et celles pour la conduite des essais ;* b) *à l'addition de procédés éprouvés, fruits des progrès réalisés dans les méthodes d'analyse du sol ;* c) *au développement du chapitre sur l'analyse des tissus végétaux ;* d) *à la suppression de certains paragraphes du chapitre sur l'interprétation des tests pour le sol ;* e) *à la réduction de six à quatre du nombre des chartes *** colorées.*

Les tests décrits dans ce bulletin englobent le « Morgan Soil Testing system » et c'est au fondateur de cette méthode, le Dr M. Francis Morgan, *qu'il est dédié.*

***

L'analyse du sol apporte une large contribution à son utilisation rationnelle. L'application compétente de tests peut permettre d'éviter l'insuccès de récoltes dû à une fumure inadéquate ou excessive et d'empêcher un gaspillage d'éléments fertilisants inutiles. Il est également possible d'appliquer les tests au cours de la période de croissance afin de contrôler le besoin en engrais de certaines cultures en vue d'une amélioration du rendement.

L'emploi des tests pour le sol s'est rapidement et largement généralisé au cours des douze à

* Les personnes, qui désireraient acheter, en un seul tiré à part avec les planches coloriées, cet article, qui sera publié dans deux numéros successifs de *L'Agronomie Tropicale,* sont priées de le commander à la Section Technique d'Agriculture tropicale. Il sera cédé moyennant trois cent cinquante francs.

** Le Dr Morgan trouva la mort dans l'Ile de Leyte, aux Iles Philippines, le 15 janvier 1945, au service de sa patrie.

*** Charts (en anglais) = échelles des couleurs.

quinze dernières années et leur importance en agriculture s'est fermement établie.

Il reste néanmoins vrai que les meilleures façons culturales ne sont pas à même de lutter contre les effets préjudicieux des conditions d'humidité déficiente ou excessive, d'un sol pauvre, des mauvaises herbes, de méthodes culturales impropres, d'une carence en matière organique ou des troubles pathologiques provoqués par les insectes ou inhérents à la plante. Si tous ces facteurs ne sont pas favorables à la croissance des végétaux, le soin le plus rigoureux apporté à établir des conditions nutritives convenables restera sans effet.

L'échantillon de sol

Prélèvement

A la base de toute interprétation des tests sur les sols il faut pouvoir admettre que l'échantillon analysé est un représentant exact du sol de la région ou du champ considérés. Si les sols présentent un aspect extérieur différent, si la croissance des plantes cultivées montre des divergences ou si les sols ont subi un traitement antérieur variable, il convient de prélever des échantillons séparés.

Il n'existe pas de règle générale d'échantillonnage des sols. Le bon sens est le meilleur guide, en ayant toujours présent à l'esprit que la fraction du sol finalement soumise à l'analyse se réduit au volume d'une cuillerée à thé, alors qu'elle provient d'une étendue comprenant généralement des milliers de tonnes de terre. Si l'échantillon prélevé n'est pas représentatif, les tests peuvent conduire à une interprétation erronée qui entraîne des recommandations mal fondées.

Instructions pour le prélèvement des échantillons du sol

Sur des terres cultivées et des jardins, le sol est prélevé, à une profondeur de 5 à 6 inches *, sous forme de tranches de même épaisseur coupées verticalement avec une pelle ou une bêche, ou à l'aide d'une sonde ; la profondeur ne sera que de 2 à 3 inches dans le cas des prairies permanentes telles que pâturages et pelouses. Tout échantillon soumis aux tests doit représenter l'ensemble de dix à vingt prélèvements bien répartis sur la surface du champ, du jardin ou de la pelouse. Le nombre des prélèvements à effectuer dépend de la superficie et du caractère uniforme du sol.

La terre provenant des différents prélèvements doit être soigneusement mélangée et débarrassée des cailloux et grosses racines qu'elle contient. Une demi-pinte ** à une pinte de ce mélange suffit pour les tests. Si le sol est très humide, on le fera sécher à l'air avant de l'homogénéiser, mais il ne faudra **jamais** le sécher dans une étuve. Il n'est généralement pas à conseiller de faire le prélèvement lorsque le sol est saturé d'eau ou excessivement sec. Les outils servant à l'échantillonnage ne doivent pas être contaminés par de la chaux, des engrais ou toute autre impureté.

Lorsque les champs ou régions sont constitués par plus d'un type caractéristique de sol, s'ils ont été traités différemment ou si les cultures présentent des variations de croissance, il convient de prélever un échantillon séparé en chaque point. De la même façon, si les rendements obtenus sur certaines parties d'un champ sont nettement inférieurs à la moyenne, et que la cause n'en soit pas directement imputable à des différences évidentes dans la structure du sol, ces parties devront être échantillonnées en vue d'une comparaison avec celles donnant une production normale.

Des échantillons prélevés dans le sous-sol peuvent être une source supplémentaire d'enseignements, précieuse lorsqu'il s'agit, par exemple, de vergers.

Lorsque des engrais ont été épandus en sillons parallèles aux rangs, comme c'est le cas pour les champs de pommes de terre et de quelques légumes verts, le prélèvement doit être fait entre les rangs ou directement sur les rangs entre les plants, en évitant le sillon d'épandage.

Empaquetage pour l'expédition

Verser l'échantillon dans un sac, une boîte en carton ou en bois, propres et n'ayant contenu auparavant ni produits pharmaceutiques ou chimiques, ni engrais ou autres substances contaminantes. Les petites boîtes de bonbons, les cartons pour ice-cream, ou les boîtes de café sont d'un usage satisfaisant. Tout échantillon doit porter un numéro, le nom du champ ou autre symbole d'identification, ainsi que le nom et l'adresse de l'expéditeur.

Informations supplémentaires

Si tant est que les cultures successives et l'application antérieure de chaux, d'engrais ou autres substances puissent avoir une influence sur les résultats des tests, et que l'emploi auquel est destinée la terre dans l'avenir repose sur leur interprétation, les informations suivantes, ou tout au moins celles dont on dispose, doivent accompagner l'envoi des échantillons.

1. Le nom du type de sol, s'il est connu.
2. La ou les cultures prévues.
3. Les cultures pratiquées pendant chacune des trois ou cinq années précédentes.
4. Les traitements appliqués au sol, chaux, engrais verts, fertilisants, etc..., au cours des trois à cinq années précédentes.
5. Indications topographiques (terrains montagneux, accidentés ou plats).
6. Drainage, naturel ou amélioré par des drains ou des rigoles.
7. Nature du sous-sol : « hardpan », sable, gravier ou roche.
8. Caractéristiques spéciales du sol, telles que dureté ou friabilité, tendance à l'érosion, manque d'épaisseur inaccoutumé, état pierreux, etc...
9. Étendue approximative de la superficie représentée par l'échantillon.
10. Quantité et nature des engrais verts pouvant servir à l'amélioration du sol.
11. Description de toutes les conditions anormales et des résultats aberrants dus à des facteurs connus ou inconnus.

Époque de l'échantillonnage

Le sol est un système dynamique, dans lequel pullulent des micro-organismes, dont l'activité

* 1 inch = 2,54 cm.
** 1 pinte = 0,56824 l.

varie de jour en jour et de saison en saison suivant la température, l'humidité et les conditions nutritives. Comme nous le verrons, dans le chapitre sur l'interprétation des tests, les teneurs en nitrates et en azote ammoniacal du sol sont particulièrement variables. Une culture à croissance rapide épuise le sol de ses éléments nutritifs exigés pour cette croissance. Et c'est ainsi qu'à la fin de la période de végétation, les sols ne donnent des tests élevés pour les nitrates et le potassium que si ces constituants apportés par les engrais, ou devenus assimilables dans le sol, se trouvent en excès par rapport aux exigences des cultures. Les fluctuations saisonnières de l'acidité du sol influencent également jusqu'à un certain point l'assimilabilité des éléments nutritifs. Le degré d'acidité va de pair avec l'entraînement des bases et la production de nitrates. Normalement, l'acidité est minima au début du printemps et maxima au milieu de l'été.

Tous les facteurs mentionnés ci-dessus doivent être pris en considération pour l'interprétation des tests. Pour le diagnostic général d'un sol, les tests effectués au début du printemps sont les plus dignes de confiance. Les sols analysés au cours de la période de végétation donnent des tests reflétant étroitement l'état des cultures et les résultats obtenus ont une valeur particulière pour déterminer le besoin immédiat en fertilisants. Les tests effectués à l'automne, après les récoltes, indiquent le mieux si la fumure a dépassé ou non les besoins des cultures. Ils permettent en outre de disposer de beaucoup de temps pour les prélèvements et pour préparer le travail du printemps. Le choix de l'époque de l'échantillonnage dépend, on le voit, du but proposé aux tests.

Préparation de l'échantillon de sol en vue des tests

A sa réception, l'échantillon est généralement plus ou moins humide. S'il est trop pâteux pour être tamisé, on le laisse sécher jusqu'à ce qu'il devienne friable, mais **jamais** dans une étuve. Après homogénéisation de la totalité de l'échantillon, on en prélève une fraction convenable (généralement une centaine de cm³) que l'on passe au tamis de 2 mm. ou de 1 mm. afin d'éliminer les cailloux, graviers ou racines, et on l'homogénéise à nouveau. Si l'échantillon tamisé est humide, on effectue les tests sans attendre, dans les douze heures, ou on le laisse dans un frigidaire ou bien on l'étale pour le sécher à l'air jusqu'au moment des tests. Le premier procédé est préférable, mais dans la pratique du laboratoire consistant à faire plusieurs déterminations en série, il est plus commode de laisser sécher à l'air tous les échantillons avant de les analyser, les résultats obtenus pouvant ainsi être comparés entre eux. Lorsque les tests ne sont effectués qu'après un certain laps de temps, il convient de garder les échantillons à l'abri des vapeurs, particulièrement des vapeurs ammoniacales ou acides, existant dans le laboratoire.

Structure du sol

La structure du sol, c'est-à-dire la proportion relative de sable, limon et argile, qu'il contient, est importante à considérer pour une interprétation juste des tests rapides. La composition exacte de la structure du sol est donnée par l'analyse mécanique. La technique de l'hydromètre de Bouyoucos (3,4) est une méthode pratiqué, donnant des résultats satisfaisants pour la plupart des sols. Il n'est cependant pas possible, en général, de faire cette détermination sur le grand nombre d'échantillons qu'impliquent normalement les tests rapides. Un observateur averti est capable, ordinairement, d'évaluer assez bien la structure d'un sol en se basant simplement sur la sensation obtenue au toucher, entre le pouce et l'index, du sol à l'état modérément humide. Quelques indications simples sont utiles, à cet égard, pour caractériser les sols appartenant aux types structuraux les plus courants.

Sable limoneux. Toucher rugueux et graveleux ; très légère tendance du sol humide à s'agglomérer lorsqu'on le presse entre les doigts.

Limon sableux. Toucher nettement graveleux ; à l'état humide, le sol peut être pressé en donnant une masse douce et lorsqu'il est amené à son point maximum de viscosité, il n'est pas sensiblement visqueux.

Limon sableux fin. Toucher moelleux, peu graveleux ; humide, le sol se prend en une masse ferme ; il est très légèrement visqueux à son point maximum de viscosité.

Limon. Toucher moelleux, modérément doux ; le sol humide peut être roulé entre les doigts en donnant des bâtonnets fermes ; légèrement visqueux.

Limon siliceux. Toucher doux et sensation de « farine » ; plutôt collant à l'état humide, forme naturellement des bâtonnets fermes et fins

Limon argileux. Toucher « glissant » très doux ; réellement collant à l'état humide ; se laisse facilement modeler.

Une description plus détaillée de la structure des sols a été publiée par la « Soil Survey Division of the United States Departement of Agriculture » *.

Estimation de la teneur en matière organique du sol

Il est également essentiel, pour une interprétation convenable des tests, de pouvoir évaluer la teneur en matière organique du sol. Quelques laboratoires d'analyses de sols déterminent la matière organique en plus des tests rapides. Une technique sûre et assez rapide est la méthode au bichromate de Schollenberger (39) modifiée par Tiurin (46), également décrite par Merkle (26) ; Thomas et Williams (44) utilisant une adaptation de la méthode de Schollenberger, comportant une décomposition seulement partielle de la matière organique.

Une détermination précieuse en enseignements est la perte au feu, consistant à chauffer au rouge sombre jusqu'à poids constant le sol préalablement séché à l'étuve. Elle donne cependant des valeurs beaucoup plus élevées que celles pouvant être attribuées à la teneur en matière organique, surtout avec les sols limoneux ou argileux relativement pauvres en humus, du fait de la volatilisation de l'eau chimiquement combinée et de certains éléments minéraux.

* Committee Report on Soil Texture. Soil Survey Division, Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, U. S. Dept. of Agriculture, Beltsville, Md. 1949.

Ce procédé est satisfaisant pour comparer entre eux des sols de même type structural.

Les personnes qui sont familiarisées avec la coloration des sols en rapport avec la teneur en matière organique peuvent apprécier celle-ci par une simple observation. Il ne faut pas oublier que la couleur sombre impartie au sol par l'humus est renforcée par l'humidité ; par conséquent, pour une même teneur en matière organique, un sol sableux est plus foncé qu'un sol plus lourd. En ce qui concerne les sols du Connecticut, les colorations, à l'état modérément sec et selon les taux de matière organique, sont approximativement les suivantes :

Tableau I. — *Teneur approximative en matière organique des sols du Connecticut indiquée par leur coloration.*

Coloration du sol *	Structure du sol				
	Sable limoneux	Limon sableux	Limon sableux fin	Limon ou limon siliceux	Limon argileux
	m.o. %	m.o. %	m.o. %	m.o. %	m.o. %
Jaune brunâtre, jaune rougeâtre, ou gris clair ..	<0,5	<0,7	<1,0	<1,2	<1,5
Brun jaunâtre clair, brun rougeâtre clair ou gris brunâtre clair	0,5-1,0	0,7-1,5	1,0-2,0	1,2-2,5	1,5-3,0
Brun grisâtre, brun ou brun jaunâtre	1,0-2,5	1,5-3,0	2,0-4,0	2,5-5,0	3,0-6,0
Brun foncé, brun rougeâtre foncé ou brun grisâtre foncé	2,5-4,0	3,0-5,0	4,0-6,0	5,0-7,0	6,0-8,0
Brun très foncé, gris rougeâtre foncé ou noir ...	>4,0	>5,0	> 6,0	>7,0	>8,0

* Désignations relevées dans Committee Report on Soil Color. Soil Survey Division, Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, U. S. Dept. of. Agriculture, Beltsville, Md. 1948.

Dans les régions de prairies, les sols sont généralement plus foncés par rapport au taux de matière organique indiqué sur le tableau.

Tests de la réaction du sol (pH)

La réaction du sol, exprimée en pH, est un des facteurs les plus importants impliqués dans la fertilité chimique des sols. La connaissance du degré d'acidité ou d'alcalinité est presque essentielle pour l'interprétation convenable des résultats donnés par les autres tests chimiques, spécialement ceux du phosphore, du calcium, du magnésium, de l'aluminium et du manganèse. Le test du pH est nécessairement une mesure, qui se fait à part des tests appliqués à l'extrait de sol dans la méthode de Morgan.

La plupart des laboratoires et des centres d'analyses des sols utilisent un pH-mètre pour déterminer la réaction du sol. Des appareils dignes de confiance, la plupart à électrode de verre, se trouvent sur le marché. Les appareils pour laboratoires de recherches, fonctionnant sur pile sèche, sont les plus précis ; mais les pH-mètres sur courant alternatif qui viennent d'être mis au point sont d'une manipulation plus facile et rapide, ils ne comportent pas le souci des batteries et sont d'une précision suffisante pour les mesures habituelles.

L'appareil à électrode à quinhydrone est quelquefois utilisé et donne de bons résultats, mais il est sujet à des erreurs considérables sur certains sols, en particulier ceux contenant des substances oxydantes telles que le bioxyde de manganèse.

Mesure au pH-mètre a électrode de verre

Dans un petit bécher (50 ou 100 cm³) verser de la terre jusqu'à environ les deux tiers de la hauteur, et ajouter de l'eau distillée, en agitant, de façon à donner au mélange la consistance d'une pâte légère ou d'une soupe épaisse. Plonger les électrodes et faire la lecture. Avec les sols riches en matière organique, en particulier les tourbes, il convient de les laisser s'imbiber en les agitant de temps en temps, pendant une demi-heure ou plus, avant de faire la lecture.

Les sols qui ont été séchés à l'air ont tendance à présenter une acidité légèrement plus forte, valeur plus faible du pH, mais la différence est généralement inférieure à 0,2 unité pH, ce qui est négligeable.

Mesure colorimétrique du pH

Si l'importance des essais à effectuer ne justifie pas l'achat d'un pH-mètre, la mesure de la réaction du sol peut être faite par une méthode colorimétrique à l'aide d'indicateurs colorés.

On peut ainsi obtenir des résultats suffisamment précis avec des indicateurs variant entre des limites étroites, à condition de choisir l'indicateur convenant à l'échantillon à analyser. Si l'on manque de renseignements sur les échantillons à analyser, la mesure peut être généralement facilitée en utilisant trois indicateurs simultanément, à condition que l'un d'eux encadre le pH de l'échantillon.

Pour des approximations n'exigeant qu'une précision de 0,5 unité pH, on peut utiliser un indicateur dont la zone de virage est plus étendue, entre un pH de 4 à 8 par exemple. Les indicateurs donnant un pH de 1 à 14 n'ont aucune valeur pour l'étude des sols.

Détermination du pH a l'aide d'indicateurs simples

Indicateurs : vert de bromocrésol, rouge de chlorophénol et bleu de bromothymol préparés séparément à une concentration de 0,04 %. La zone totale couverte par ces trois indicateurs va de pH 3,8 à 7,6. Pour les sols très fortement

acides, pH 3,0-4,6, utiliser le bleu de bromophénol à 0,04 % ; dans les régions à sols neutres ou alcalins, utiliser le rouge crésol (pH 7,2-8,8) et le bleu de thymol (pH 8,0-9,6), chacun à une concentration de 0,04 %.

Mode opératoire. Verser environ une demi-cuillerée à thé de terre dans un petit tube à essai (0,5 × 4 inches), ajouter un peu de sulfate de baryum *, 4 cm³ d'eau distillée et trois gouttes d'indicateur. Remuer énergiquement avec un agitateur de verre et laisser déposer. Chercher, sur la charte colorée ou sur le tableau II, la coloration correspondant à celle de la liqueur surnageante.

Tableau II. — *Colorations pour les indicateurs de pH utilisés dans l'étude des sols.*

pH	Bleu de bromophénol	Vert de bromocrésol	Rouge de chlorophénol	Bleu de bromothymol	Rouge de crésol
3,0	Jaune ↓	—	—		
3,4	passant ↓	—			
3,8	↓	jaune			
4,2	au ↓	jaune verdâtre			
4,6	bleu-lavande	vert	—		
5,0	—	vert-bleu	orange jaunâtre	—	—
5,4	—	bleu	orange	—	—
5,8	—	—	saumon-rougeâtre	jaune	—
6,2	—	—	rose-saumon	jaune-verdâtre	—
6,6	—	—	rose	vert-jaunâtre	—
7,0	—	—	—	vert	—
7,4	—	—	—	bleu-verdâtre	jaune-orange
7,8	—	—	—	bleu	saumon
8,2	—	—	—	—	rouge-jaunâtre
8,6	—	—	—	—	pourpre-rougeâtre
9,0	—	—	—	—	pourpre

Détermination du pH à l'aide d'indicateurs mixtes

Indicateur. Broyer dans un mortier des quantités égales (0,025 g.) de vert de bromocrésol, pourpre de bromocrésol et rouge de crésol avec environ 1,5 cm³ de NaOH/N et 0,5 cm³ d'eau distillée, et amener à 100 cm³ avec de l'eau distillée (37). On peut également se servir d'un indicateur commercial présentant une zone de virage sensiblement identique.

Mode opératoire. Le même que celui décrit pour les indicateurs simples. Les colorations obtenues sont les suivantes ** :

Réaction	pH	Coloration
Très fortement acide	4,0	Jaune de cire.
Fortement acide	4,5	Jaune légèrement verdâtre.
Acide	5,0	Vert olive pâle ou vert-jaune foncé.
Modérément acide	5,5	Vert comme l'herbe ou vert-jaune très foncé
Légèrement acide	6,0	Vert pistache (vert-grisâtre).
Très légèrement acide	6,5	Bleu faïence (bleu grisâtre).
Neutre	7,0	Violet légèrement bleuâtre.
Alcaline	8,0	Pourpre de mûre.

Description détaillée de la méthode des tests rapides sur les sols de Morgan

Depuis la parution du Bulletin 450 (34), Peech et English (36) ont fait des recherches assez approfondies sur l'emploi des méthodes ici décrites. S'efforçant d'augmenter la précision des résultats, ils ont raffiné certains tests et apporté quelques changements à d'autres.

La valeur de leurs travaux est pleinement reconnue et il convient de tenir compte des modifications qu'ils ont proposées, lorsqu'est exigée une plus grande précision et que le temps mis en œuvre pour effectuer les tests a une importance secondaire. Cependant, pour l'analyse courante des sols, où la rapidité est essentielle et où le temps et la place au laboratoire sont limités, nous croyons que les tests décrits dans le présent bulletin répondent au but qu'ils se sont proposés. Il ne faut pas oublier que les procédés décrits ici sont avant tout des tests **rapides**.

Solution de Morgan pour l'extraction du sol

Le caractère distinctif des méthodes d'analyse du sol ici décrites réside dans l'emploi d'une solution d'extraction unique permettant l'applica-

* N'utiliser que le produit, pur et neutre pour rayons X. Le produit ordinaire C. P. est généralement acide. Tracer un trait au crayon ou à l'encre sur l'extrémité aplatie d'un cure-dents en bois, à une distance de 3/8 d'inch. Se servir du cure-dents comme d'une spatule en prélevant du produit jusqu'au trait. Mettre une à deux mesures pour chaque échantillon. Le seul but du sulfate de baryum est de hâter la clarification de la suspension, qui demanderait sans cela de une à huit heures.

** Les désignations des couleurs ont été tirées du « Ridgeway's Color Standard and Color Nomenclature ». A Hoen and Cy, Baltimore, Md., 1912.

tion des tests spécifiques grâce auxquels est déterminé l'état nutritif du sol.

La solution d'extraction est une solution d'acétate de sodium à 10 % (0,73 N) dans l'acide acétique à 3 % (0,52 N) ; elle a un pH de 4,8. C'est donc une solution d'un acide organique faiblement ionisé tamponné avec son sel de sodium *. Elle convient pour les tests couramment utilisés et pour de nombreux autres, à l'exception du sodium et des chlorures. Ces deux éléments exigent une extraction séparée avec des solutions appropriées.

Tous les produits utilisés pour les tests décrits dans ce bulletin doivent être d'un haut degré de pureté (C.P. ou A.R.) ou d'un type spécial indiqué.

Préparation de la solution d'extraction

Dissoudre 100 g. d'acétate de sodium ($C^2H^3O^2$ Na, 3 H^2O) dans 500 cm³ d'eau distillée, ajouter 30 cm³ d'acide acétique pur et compléter à 1 litre.

Plan général

Sur l'extrait filtré obtenu en traitant le sol par la solution de Morgan ou une autre solution d'extraction, on dose les divers constituants en déposant de petites quantités de cet extrait, généralement de une à dix gouttes, sur une plaque à touches en porcelaine ou en verre, ou dans de petits tubes de verre calibrés (10 mm. × 60 mm.), et en ajoutant les réactifs spécifiques des tests colorés ou de turbidité. Le plan général de ces tests s'appuie en grande partie sur la technique des tests microchimiques considérablement développée par Feigl (14, 15, 16). L'application de ces procédés à l'analyse chimique rapide des sols revient en premier lieu à Morgan avec son test pour les nitrates (30).

De tels tests chimiques exigent l'emploi de réactifs, dont la sensibilité réponde approximativement à la concentration de chaque constituant pouvant se trouver dans l'extrait de sol, sans avoir à craindre une interférence provoquée par la présence possible de tous autres ions. Si une substance gêne en donnant la même réaction, en augmentant ou en diminuant la sensibilité du test, l'extrait doit être purifié par une technique chimique quelconque en vue d'éliminer ou de rendre inactive cette substance. Ceci est possible pour une méthode de laboratoire précise, mais n'est généralement pas praticable avec les procédés des tests rapides.

Matériel

La liste qui suit donne le matériel normalement exigé pour les tests courants. Les caractéristiques sont celles, qui ont été reconnues comme étant le plus généralement désirables, et les tests ont été établis en se basant sur elles. La quantité de verrerie, etc... est prévue pour l'analyse simultanée de douze échantillons de sol **. Elle peut être augmentée pour des essais de plus grande envergure.

1 flacon de 10 litres ou plus, pour la solution d'extraction.

1 éprouvette graduée ou une burette, pour le prélèvement de 10 cm³.

1 spatule cuillère, de la taille d'une cuillère à thé.

1 support en bois ou en métal, à douze trous de 3/4 d'inch de diamètre, pour les tubes de filtration.

2 supports en bois ou en métal, à douze trous d'1/2 inch de diamètre, pour les tubes à essai.

Filtres sans cendres de 9 cm. de diamètre, à filtration lente.

12 tubes de filtration, de 15 mm. de diamètre intérieur, avec une ouverture de l'entonnoir de 35 mm. de diamètre et une arrivée d'air (ou bien alors 12 tubes et 12 entonnoirs séparés, mais de mêmes dimensions).

12 compte-gouttes médicinaux *** à bout droit non aplati de 2 mm. de diamètre, ou 12 pipettes graduées au 1/20e de cm. ****.

12 agitateurs de verre, de 4 mm. sur 100 mm.*****

24 tubes de verre *** de 60 mm. de long et 10 mm. de diamètre intérieur.

6 plaques à godets en porcelaine blanche à 12 godets de 20 mm. de diamètre et 7,5 mm. de profondeur (capacité d'environ vingt gouttes).

1 plaque à godets, en verre clair, à 9 ou 12 godets.

9 flacons d'1 once, avec pipette fixée dans le bouchon, pour les réactifs.

3 flacons de 2 onces, avec pipette fixée dans le bouchon, pour les réactifs.

1 flacon compte-gouttes, d'1 once, pour le réactif des nitrates.

Extraction du sol

Le procédé, qui a été utilisé avec succès pour les sols limoneux et sablo-limoneux du Connecticut, consiste à extraire directement le sol avec la solution d'extraction. L'échantillon est placé sur un filtre à plis et on verse un volume connu de la solution d'extraction. Cette technique est parfaite si les sols se trouvent tout de suite imbibés après l'addition des 2 ou 3 premiers cm³ de la solution d'extraction, de sorte que le reste du liquide traverse toute la masse de l'échantillon. D'autres procédés d'extraction ont été adoptés avec la solution de Morgan ou des solutions de même type. Bien que moins simples et moins rapides, ils peuvent être avantageusement appliqués aux sols qui se laissent moins facilement saturer par la solution d'extraction ou dont la structure est plus lourde. Les différents procédés d'extraction seront indiqués.

Extraction par simple percolation. Placer un filtre à plis de 9 cm. de diamètre dans l'entonnoir du tube de filtration (ou un entonnoir ordinaire en verre) ; verser une cuillerée à thé, rase, de sol et le tasser légèrement avec le dos de la cuillère ******.

* D'autres raisons ayant conduit au choix de cette solution d'extraction sont données dans le Bulletin 450 (34).

** Le matériel, les solutions d'extraction et les réactifs peuvent s'obtenir chez La Motte, Chemical Products Company, Baltimore, Md.

*** Il faut veiller à ce que les compte-gouttes soient bien calibrés et que le diamètre intérieur des tubes soit très uniforme.

**** On peut trouver dans le commerce des pipettes automatiques délivrant de petits volumes.

***** On peut aussi utiliser des tubes capillaires dont on étire et courbe l'extrémité. L'agitation est réalisée en soufflant dans le tube.

1 once = 28,349 g

****** A la Station de Recherches Agronomiques du New Jersey, on place d'abord l'échantillon de sol dans un petit gobelet en carton, on ajoute un quart de cuillère à thé de charbon DARCO, n° 60, puis la solution d'extraction de Morgan, on agite le mélange pendant une minute, et on le verse ensuite sur le filtre. L'emploi du charbon permet d'obtenir des extraits limpides surtout pour les sols riches en matière organique. Communication privée de A. L. Prince.

Prélever 10 cm^3 de la solution d'extraction de MORGAN et la verser lentement sur la totalité de l'échantillon. Si le sol n'absorbe pas aussitôt le liquide, l'extraction doit être répétée sur un autre filtre après avoir d'abord humecté légèrement le sol avec de l'eau distillée. Laisser la filtration se faire complètement. Si le volume de percolat obtenu est nettement inférieur à la moyenne, ajouter encore de la solution d'extraction pour le ramener à égalité. En retirant le filtre, le presser doucement pour entraîner le liquide qui a pu se ressembler à la pointe. Enlever l'entonnoir et mettre un compte-gouttes propre dans la fiole contenant le filtrat. Aspirer deux ou trois fois le liquide dans le compte-gouttes afin d'assurer l'homogénéité de l'extrait de sol. Chaque fiole doit être pourvue d'un compte-gouttes individuel pour le prélèvement des fractions aliquotes destinées aux divers tests.

Extraction variante 1. Placer une cuillerée à thé de sol, légèrement tassée et arasée, dans un bécher de 50 cm^3. Ajouter 10 cm^3 de la solution d'extraction de MORGAN. Agiter énergiquement pendant une minute et filtrer sur un papier identique à celui indiqué ci-dessus, en recueillant le filtrat dans un tube en verre de 20 × 75 mm., ou tout autre récipient. Enlever l'entonnoir, introduire un compte-gouttes dans le récipient contenant le filtrat et procéder ensuite comme il vient d'être décrit.

GOSS et OWENS (18) préconisent d'agiter à l'agitateur mécanique pendant quinze minutes le mélange de sol et de solution d'extraction dans un erlenmeyer de 50 cm^3 et de filtrer ensuite. Ce procédé donne des résultats qui sont quelque peu plus élevés, pour certains éléments, que ceux obtenus par une extraction plus rapide. Cependant, les résultats obtenus sur des sols témoins par des méthodes diverses ne permettent pas de constater une amélioration sensible du fait d'une extraction plus poussée.

Extraction variante 2. Adapter un doigt de caoutchouc à l'extrémité de la tige d'un entonnoir de 50 mm. pourvu d'une plaque en verre fritté de 18 mm. (G1). Verser 10 cm^3 de la solution d'extraction et une cuillerée à thé rase de sol. Attendre quinze minutes, enlever le doigt de caoutchouc et laisser l'extrait s'écouler dans une fiole ou un tube. Ce procédé général a également été utilisé par THOMAS et WILLIAMS (44) et par MILES (28). Il n'a pas été fait d'étude comparative détaillée des résultats avec ceux de l'extraction par simple percolation, mais on peut penser qu'ils sont semblables à ceux obtenus par la méthode de GOSS et OWENS.

Il semble qu'on ne puisse uniformément appliquer aucune méthode d'extraction à tous les types de sols. Il est donc préférable d'étudier chacun des procédés sur un grand nombre de sols représentatifs de la région considérée, avant de fixer son choix sur celui qui paraît le mieux adapté.

CONDITIONS D'ÉCLAIREMENT POUR EFFECTUER LES TESTS

Avec un bon éclairage naturel, il est possible de faire des comparaisons assez étroites entre les réactions colorées ou de turbidité obtenues avec les divers tests rapides. Une fenêtre au Nord ou au Nord-Est est à préférer, car les phénomènes de réflexion en lumière solaire directe rendent ces comparaisons difficiles. Cependant la lumière naturelle n'est pas satisfaisante lorsque le ciel est sombre, nuageux et en fin d'après-midi pendant l'hiver ; il est alors préférable d'utiliser un éclairage artificiel donné par une bonne lampe à fluorescence équipée avec des ampoules à lumière du jour. L'attention à porter sur l'éclairement et autres détails techniques dans l'analyse rapide des sols a été discutée par CONSTABLE et MILES (8).

PRÉCAUTIONS SPÉCIALES

La verrerie, les plaques à godets, les agitateurs, etc... doivent être lavés à l'eau courante et rincés à l'eau distillée aussitôt après leur emploi. Les plaques à godets exigent un lavage occasionnel au mélange sulfo-chromique pour éliminer les traces de colorants.

Les compte-gouttes doivent être lavés à l'eau par aspiration. Toute trace de précipité adhérant au fond des tubes à essai doit être soigneusement éliminée à l'aide d'une petite brosse.

Les flacons à réactifs doivent être toujours tenus très propres et il ne faut pas laisser d'efflorescences salines s'accumuler autour des bouchons.

Les tubes, les compte-gouttes, les pipettes * et autres instruments de mesure doivent être jaugés afin d'être sûr d'introduire chaque fois la même quantité de réactif. Leur mode d'emploi doit également être toujours identique pour obtenir les meilleurs résultats.

Il faut refuser tout réactif qui ne donne pas un essai à blanc satisfaisant avec la solution d'extraction du sol ou un test correct avec les solutions étalons ou les sols « standard ». Il est prudent de contrôler les réactifs tous les trois ou quatre jours à l'aide d'une solution étalon.

Tests les plus fréquemment utilisés dans l'analyse courante

AZOTE NITRIQUE

Le test à la diphénylamine utilisé à l'origine pour les nitrates a été remplacé par celui à la brucine, plus sûr. Les deux méthodes seront cependant décrites.

Méthode à la brucine **

Réactif A : Dissoudre 1 g. de brucine dans 25 cm^3 de chloroforme. Conserver la solution dans un flacon compte-gouttes en verre brun bien bouché, et empêcher l'évaporation au moment de l'emploi en appliquant un doigt sur l'ouverture du flacon.

Réactif B : Acide sulfurique concentré (d = 1,84).

Mode opératoire. A trois gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets (ou dans un tube en verre), ajouter deux gouttes de solution de brucine et sept gouttes d'acide sulfurique. Bien agiter. Les lectures peuvent être faites immédiatement (ou au bout de quelques secondes) ou après

* A la Station de Recherches Agronomiques de l'Université de New Hampshire, on utilise, pour mesurer l'extrait de sol, une pipette de Mohr de 1 cm^3 graduée au 1/100e, de la façon suivante :

Azote nitrique 0,05 cm^3 ; azote ammoniacal 0,2 ; aluminium 0,1 ; phosphore, magnésium, potassium, calcium 0,5 (Communication privée de G. P. PERCIVAL).

** Adaptation de la méthode proposée par PEECH et ENGLISH (36).

douze à quinze minutes. Dans le premier cas les colorations varient du gris pâle ou gris rosâtre au rouge saumon pour les concentrations faibles à très fortes ; dans le second cas elles vont du gris clair au jaune franc. Une charte des couleurs pour ce dernier cas se trouve dans l'appendice.

Lorsque les concentrations sont très fortes, il convient de répéter le test sur un extrait dilué (refaire l'essai ci-dessus sur une goutte d'extrait additionné de neuf gouttes de solution d'extraction. Le résultat est à multiplier par 10).

Méthode à la diphénylamine *

Réactif de l'azote nitrique : dissoudre 0,05 g. de diphénylamine dans 25 cm³ d'acide sulfurique concentré sans dépasser la température de 24° C. Conserver la solution dans un flacon compte-gouttes bouché émeri, à l'abri de la lumière. La solution ne doit présenter aucune coloration bleuâtre et doit donner une « touche » incolore lorsqu'on en ajoute quatre gouttes à une goutte d'eau distillée. Ce contrôle doit être fait souvent car l'exposition continue à la lumière et toute contamination fortuite peuvent exiger la préparation d'un réactif frais. Cette solution est très corrosive et ne doit pas venir au contact du caoutchouc. Il convient également de prendre des précautions en ce qui concerne les dommages causés aux mains et aux vêtements.

Mode opératoire : Déposer une goutte d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter quatre gouttes de réactif, attendre deux minutes ; mélanger et comparer l'intensité de la coloration bleue obtenue sur la charte des couleurs.

Il n'est pas recommandé d'agiter aussitôt après l'addition du réactif, car la coloration bleue se développe plus rapidement à la surface de contact entre le réactif et l'extrait. Des colorations quelque peu plus intenses sont obtenues si l'on attend plus de deux minutes après l'addition du réactif, mais la charte des couleurs a été établie en se basant sur ce temps afin de faciliter la manipulation.

Si l'on obtient une coloration bleue très foncée, l'essai doit être répété sur une solution diluée comme il a été dit pour le test à la brucine.

Lorsque l'addition de la première goutte du réactif produit une coloration bleue immédiate, on peut supposer la présence d'azote nitreux et il est bon d'effectuer le test des nitrites.

Azote ammoniacal

Réactif de Nessler : Dissoudre 5 g. d'iodure de potassium dans 15 cm³ d'eau distillée. Ajouter une solution saturée de chlorure mercurique jusqu'à obtention d'un léger précipité, puis 40 cm³ d'une solution de potasse à 50 %. Diluer à 100 cm³, laisser au repos pendant une semaine, décanter et conserver la solution dans un flacon de verre brun. Si l'on ajoute deux gouttes de ce réactif à quatre gouttes de la solution de Morgan, la « touche » doit être pratiquement incolore. On peut aussi bien utiliser du réactif de Nessler préparé selon toute autre formule de laboratoire.

Mode opératoire. Déposer quatre gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets et ajouter deux gouttes de réactif. Attendre une minute, mélanger et comparer la teinte jaune à orange obtenue à celles de la charte colorée qui se trouve dans l'appendice.

Phosphore

Réactif A. Dissoudre 12,5 g. de molybdate de sodium dans 100 cm³ d'eau distillée en chauffant doucement. Mélanger 50 cm³ d'acide acétique cristallisable, avec 350 cm³ d'eau distillée dans un bécher de 600 cm³. Ajouter lentement la solution de molybdate à la solution acétique en agitant constamment. Conserver dans un flacon en verre brun.

Ce réactif ne doit pas présenter plus d'une trace de précipité dans le flacon. Si le molybdate a tendance à précipiter, le réactif est inutilisable. Préparé soigneusement, ce réactif doit être stable six mois et plus, mais si les directives ne sont pas rigoureusement suivies, il peut se détériorer beaucoup plus vite.

Réactif B. Solution d'oxalate stanneux. **Elle doit être préparée le jour de l'emploi.** Sur l'extrémité plate d'un cure-dents en bois ordinaire, faire une marque au crayon ou à l'encre à 1/8 à 3/16 d'inch de l'extrémité. La quantité d'oxalate stanneux que peut tenir le cure-dents jusqu'à ce trait est ajoutée à 10 cm³ de solution d'extraction de Morgan. Bien agiter et s'assurer que la dissolution est totale avant d'utiliser ce réactif.

Mode opératoire. Déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter une goutte de réactif A et deux gouttes de réactif B (ce dernier fraîchement préparé le jour même). Agiter, laisser une minute et comparer l'intensité de la coloration bleue sur la charte colorée se trouvant dans l'appendice.

Si l'on ajoute plus d'une goutte de réactif A, le test est anormalement élevé. Si l'on utilise plus de deux gouttes du réactif B, ou si ce réactif contient plus d'oxalate stanneux que la quantité indiquée, il en résulte une coloration bleu « sale » ou verdâtre. Le test doit être lu au bout d'une minute : en effet, en attendant plus longtemps, la solution d'extraction essayée à blanc donne une coloration nettement bleue. Il en résulte que la coloration bleue tend à développer une teinte qui ne correspond pas exactement à la charte. Il peut arriver que les sols provenant de terrains de golf et des sols traités par des composés mercuriques, donnent un précipité grisâtre ou noir au moment de l'addition du réactif B. Ceci est dû à la réduction des composés mercuriques en mercure métal par le composé stanneux du réactif. Dans de tels cas, le phosphore ne peut être dosé avec certitude.

Les sols qui ont été traités par des doses massives de composés arsenicaux en vue de la destruction des larves ou des vers, peuvent donner des tests du phosphore anormalement élevés. Cependant, des traitements modérés et des résidus de pulvérisations arsenicales affectent rarement le test en opérant comme il est dit ci-dessus.

Des lectures plus exactes de tests très élevés peuvent être obtenues en diluant deux gouttes d'extrait avec huit gouttes de solution d'extraction.

Potassium **

Réactif A. Dissoudre 5 g. de nitrate de cobalt $[(NO^3)^2 Co, 6 H^2O]$ dans 47,5 cm³ d'eau distillée

* Adaptation de la méthode proposée à l'origine par Morgan (30).

** Pour les procédés utilisant un photomètre à flammes, voir Stanford G. et English L. Utilisation du photomètre à flamme pour les dosages rapides de K et Ca dans les sols. *Agron. Jour.* 41, 446-447, 1949.

et 2,5 cm^3 d'acide acétique cristallisable. Conserver en flacon brun. Dissoudre 30 g. de nitrite de sodium (NO^2Na) dans de l'eau distillée et diluer à 50 cm^3. Conserver en flacon brun. Mélanger à volumes égaux ces deux solutions au moins vingt-quatre heures avant l'usage, en quantité suffisante pour une ou deux semaines. Laisser le récipient non hermétiquement fermé jusqu'au lendemain pour permettre aux vapeurs nitreuses de s'échapper. Filtrer si nécessaire et conserver dans un flacon brun bouché émeri. Cette solution finale, de colbatinitrite de sodium, peut se détériorer en quelques semaines si on ne la conserve pas dans un frigidaire. Le risque de détérioration du réactif peut être évité en préparant juste assez de solution finale pour les besoins d'une courte période.

Réactif B. Mélanger 90 cm^3 d'alcool isopropylique avec 10 cm^3 de formaldéhyde neutre. Conserver dans un flacon hermétique.

Mode opératoire : Placer dix gouttes de l'extrait de sol dans un tube à essais (diamètre intérieur 10 mm.). Ajouter une goutte de réactif A et douze gouttes de réactif B. Laisser une minute, agiter doucement le tube et attendre encore deux minutes. Evaluer la quantité de précipité jaune en utilisant comme suit la charte des « lignes » :

Tenir le tube verticalement au-dessus des lignes de la charte, le fond du tube se trouvant à 1/4 de pouce * au-dessus des lignes. Regarder en plongeant à travers le tube les différents groupes de lignes, jusqu'à ce qu'on trouve celles qui sont à **peine perceptibles**. Celles-ci indiquent le résultat.

Pour des tests assez faibles, la charte des « lignes » ne permet pas une différenciation précise. Si un trouble est seulement à peine perceptible, il correspondra à une teneur « très faible ». Si le liquide reste clair et limpide, on indiquera « traces ».

Dans le cas, où le test dépasse de beaucoup la visibilité des lignes les plus épaisses de la charte, on peut faire une dilution préalable de l'extrait avec la solution d'extraction, mais les résultats ainsi obtenus risquent d'être moins exacts. Il est nécessaire de bien homogénéiser le liquide dilué avant de l'analyser.

Charte pour le potassium (et le sodium) : on peut préparer des chartes supplémentaires pour le potassium (et le sodium) avec de l'encre de Chine, de la façon suivante :

Indice relatif du test.

10 encre de Chine pure, ligne épaisse (env. 1/32e d'inch).
8 2 parties d'encre de Chine ; 1 partie d'eau.
6 1 partie — — 4 parties —
4 — — — 12 — —
2 — — — 16 — —
1 crayon dur (n° 4).

Les lignes pour les indices 2 à 8 peuvent avoir une épaisseur égale à la moitié de celles de l'indice 10.

Calcium

Réactif : Dissoudre 10 g. d'oxalate de sodium dans 100 cm^3 d'eau distillée. Laisser reposer vingt-quatre heures et décanter le liquide clair surnageant dans le flacon à réactif.

Mode opératoire ** : Mettre dix gouttes de l'extrait de sol dans le tube à essai. Ajouter une goutte du réactif, agiter vigoureusement et laisser reposer cinq minutes. Evaluer le trouble blanc obtenu à l'aide de la charte des « lignes » comme pour le potassium.

Magnésium

*Réactif A****. Dissoudre 0,02 g. de jaune thiazol (General Aniline Works, Rensselaer, N. Y.) dans 100 cm^3 d'eau distillée. Conserver dans un flacon en verre brun.

Réactif B. Dissoudre 15 g. de soude dans 100 cm^3 d'eau distillée. Ce réactif est le même que le réactif B du manganèse.

Mode opératoire **** : Déposer dix gouttes de l'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter une goutte de réactif A et trois gouttes de réactif B. Agiter, laisser reposer une minute et comparer la teinte saumon clair à rouge foncé obtenue sur la charte.

Le test du magnésium est quelque peu affecté par l'aluminium lorsque celui-ci est présent en quantité suffisante pour donner des tests élevés ou très élevés.

Dans ces conditions, le test du magnésium est un peu plus faible qu'il ne le devrait. On doit tenir compte de ce facteur dans l'interprétation des tests.

Des sols présentant une forte teneur en calcium actif donnent des extraits ayant tendance à coaguler la coloration du magnésium, rendant la lecture du test difficile et incertaine. On peut remédier dans la plupart des cas à cet inconvénient en ajoutant quatre gouttes d'une solution de glycérine à 50 % avant l'addition du réactif A. Le liquide doit être agité énergiquement dans le godet avant l'addition du réactif B.

Aluminium

Réactif. Peser 0,05 g. d'hématéine (Eastman Kodak Company) dans un bécher de 30 cm^3. Ajouter 5 cm^3 d'alcool éthylique (95 %). Triturer avec un agitateur à bout de caoutchouc et décanter la solution claire dans le flacon à réactif. Triturer à nouveau avec des fractions successives de 5 cm^3 d'alcool et décanter, jusqu'à dissolution complète de l'hématéine. Amener à 100 cm^3 avec de l'alcool éthylique. Ce réactif doit être préparé fraîchement tous les deux mois, et conservé au frigidaire, si possible.

Liquide pour l'élimination des laques d'aluminium. Mélanger 25 cm^3 d'acide chlorhydrique concentré et 25 cm^3 d'eau distillée (le même que pour le réactif A du fer).

Mode opératoire ***** : Déposer deux gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter deux gouttes de la solution d'extraction de Morgan et une goutte de réactif. Attendre une minute et comparer la coloration obtenue sur la charte de l'appendice.

Si le test donne une coloration gris bleu

* 1 pouce = 1 inch = 2,54 cm.
** Adaptation du procédé proposé par Morgan (31).
*** Adaptation de Mikkelson et Toth (27).
**** Adaptation de la méthode de Spurway (43) pour l'emploi du réactif A.
***** Adaptation de l'emploi d'extrait de bois de campêche pour le dosage de l'aluminium par Colwell et Parker (7).

« sale », c'est l'indication de concentrations anormales en fer actif et il est désirable de faire le test de cet élément.

Après la lecture, ajouter une goutte du liquide pour éliminer les laques d'aluminium (HCl au 1/2) et agiter légèrement la plaque avant de la laver. On évite ainsi la formation d'une laque sur la porcelaine qui gênerait les tests ultérieurs.

Manganèse

Réactif A : Dissoudre 0,1 g. de benzidine dans 20 cm³ d'acide acétique concentré. Diluer à 200 cm³ et filtrer.

Réactif B : Solution de soude (voir réactif B du magnésium).

Réactif C : Solution saturée de periodate de potassium dans la solution d'extraction de MORGAN.

Réactif D : Réactif du manganèse pour un test supplémentaire, consistant en une solution saturée de tetra-base (Eastman Kodak Company) dans l'alcool éthylique (95 %).

*Mode opératoire * :* Déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter deux gouttes de réactif A, agiter et ajouter une goutte de réactif B. Agiter et comparer la coloration bleue obtenue sur la charte aussi rapidement que possible, car l'intensité de la coloration s'atténue en quelques secondes.

Si l'on ajoute plus d'une goutte de réactif B, ou si la pointe de la pipette utilisée pour prélever ce réactif est trop large, le test peut être inexact, car il est gêné par un excès d'alcalinité.

Si le sol contient des concentrations anormales en azote nitreux, on notera un changement de teinte vers le jaune brunâtre lors du test habituel du manganèse.

Si la coloration bleue n'est pas perceptible, ajouter deux gouttes de réactif C. Agiter aussitôt avec une baguette de verre et laisser reposer deux minutes. Si l'on obtient alors seulement une coloration bleue pâle, le test est « négatif », et le sol contient moins de 2 pounds ** de manganèse par acre. Si la coloration est bleu foncé, sans trace de vert ou de jaune, le test indique des « traces » représentant approximativement 2 pounds par acre. Si la coloration est verte, passant graduellement au jaune, le test indique « > traces » ou approximativement 3 pounds par acre. Si aucune coloration bleue n'apparaît au début du test, une coloration jaune-orange à jaune foncé se développe presque aussitôt.

Le procédé supplémentaire ci-dessus est particulièrement utile pour différencier les sols chez lesquels on suspecte une carence en manganèse.

Si la méthode décrite ci-dessus ne donne qu'une réaction minime ou une réaction négative, on peut appliquer avec avantage le procédé suivant : déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter une goutte de réactif C et une goutte de réactif D (solution de tétrabase). Une coloration bleue intense apparaît presque aussitôt avec les sols identifiés comme « très pauvres » par la méthode ordinaire. Si la coloration est bleu très pâle, le test peut être considéré comme « négatif ». Avec un peu d'expérience, un opérateur peut facilement distinguer des différences entre les tests, même lorsqu'il s'agit des traces de manganèse généralement typiques des sols carencés en cet élément. Il convient encore de signaler l'apparition d'une coloration violette (coloration du permanganate) après l'addition du réactif C seul, au bout de deux à trois minutes, lorsque l'extrait contient une teneur considérable en manganèse.

Tests chimiques spéciaux

Un ou plusieurs des tests ci-après peuvent présenter une certaine valeur pour le diagnostic lorsque les conditions paraissent les justifier ou lorsque les tests habituels ne répondent plus aux conditions anormales du sol.

Fer

Réactif A : Diluer au demi avec de l'eau distillée de l'acide chlorhydrique pur (à environ 38 % d'HCl).

Réactif B : Dissoudre 10 g. de ferrocyanure de potassium et 0,1 g. de ferricyanure de potassium dans 100 cm³ d'eau distillée.

Réactif C : Dissoudre 15 g. de sulfocyanate de potassium dans 100 cm³ d'eau distillée.

Réactif D : Dissoudre 0,2 g. de ferricyanure de potassium dans 100 cm³ d'eau distillée.

*Mode opératoire pour le fer ferrique et le fer ferreux ***.* Déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter trois gouttes de réactif A et une goutte du réactif B. Agiter et attendre deux minutes. La coloration obtenue correspond approximativement aux valeurs suivantes:

Coloration	Test	Indice relatif du test
Bleu	très fort	10
Vert bleu	fort	8
Vert pomme	moyennement fort	6
Vert pâle	moyen	4
Jaune verdâtre	faible	2
Jaune citron	très faible	1

Dans tous les tests pour le fer, il faut veiller à ce que la solution d'extraction ou l'extrait de sol ne vienne pas au contact d'un instrument ou d'une partie d'appareil contenant du fer métallique.

Mode opératoire pour le fer ferrique : déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter trois gouttes du réactif A et une goutte du réactif C. Agiter et attendre deux minutes. La coloration obtenue correspond approximativement aux valeurs suivantes :

Coloration	Test	Indice relatif du test
Rouge brunâtre foncé	très fort	10
Rouge brunâtre moyen	fort	8
Rouge brunâtre clair	moyennement fort	6
Rouge brunâtre très clair	moyen	4
Légèrement rougeâtre	faible	2
Très légèrement rougeâtre	très faible	1

Mode opératoire pour le fer ferreux : Déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter deux gouttes du réactif A et une goutte du réactif D. Agiter et attendre deux minutes. Les colorations et les tests leur correspondant sont les mêmes que celles indiquées pour le test du fer en général, déjà décrit (ferrique et ferreux).

* Adaptation du test de FEIGL (12).
**1 pound = 0,45359 kg.
*** Préconisé par MORGAN (32) pour les sols.

Un autre test du fer ferreux a été préconisé ; le réactif est le suivant : solution aqueuse d'α-α-dipyridyl à 1 %, acidifiée par 1 cm³ d'acide chlorhydrique pour 100 cm³. Si on traite dix gouttes d'extrait de sol par deux gouttes de ce réactif, on obtient une coloration rouge foncé en présence d'une quantité considérable de fer ferreux, allant à l'incolore en l'absence de cet élément. Ce test est quelque peu plus sensible que celui décrit ci-dessus.

Sulfates

Réactif : Dissoudre 5 g. de chlorure de baryum dans 100 cm³ d'eau distillée.

Mode opératoire : Verser dix gouttes d'extrait de sol dans un tube à essai. Ajouter une goutte de réactif. Agiter énergiquement et attendre cinq minutes. Les résultats sont obtenus à l'aide de la charte des « lignes » utilisée comme pour le potassium.

Ce test ne constitue pas un procédé courant, car sa sensibilité est inférieure aux concentrations existant dans la plupart des sols des régions humides, sauf dans le cas d'applications massives de produits sulfatés.

Azote nitreux

Réactif : Dissoudre 1 g. d'acide sulfanilique, en chauffant légèrement, dans 100 cm³ d'une solution saturée de chlorure d'ammonium. Ajouter 1,5 g. de phénol et bien mélanger.

Mode opératoire *. Déposer dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets. Ajouter une goutte du réactif, une goutte d'acide chlorhydrique au 1/2 et quatre gouttes du réactif B pour le magnésium (NaOH à 15 %). Agiter et attendre une minute. Les colorations obtenues peuvent être évaluées comme suit :

Coloration	Test	Indice relatif du test
Orange jaunâtre	très fort	10
Jaune orange	fort	7
Jaune citron	moyen	4
Jaune pâle	faible	2
Très légèrement jaunâtre	très faible	1

Dans les conditions normales, les sols donnent très rarement des tests nets pour l'azote nitreux.

Sodium

Réactif : Préparer les deux solutions suivantes :

A) acétate d'urane, 10 g. ; acide acétique (à 30 %), 6 cm³, diluer à 65 cm³ avec de l'eau distillée. Dissoudre à chaud.

B) acétate de zinc, 30 g. ; acide acétique (à 30 %), 6 cm³ ; diluer à 65 cm³ avec de l'eau disdistillée. Dissoudre à chaud.

Ajouter la solution (A) à la solution (B) et continuer à chauffer jusqu'à obtention d'une liqueur limpide. Laisser reposer plusieurs jours et filtrer pour séparer le précipité qui a pu se former.

Solution spéciale pour l'extraction du sodium : 2 cm³ de solution de sulfate de cuivre à 10 % dans 100 cm³ d'eau distillée.

Mode opératoire * : La solution d'extraction de Morgan contenant du sodium, il convient d'utiliser la solution spéciale. Le procédé d'extraction reste le même.

Verser cinq gouttes d'extrait, ainsi obtenu, dans un tube à essai. Ajouter vingt gouttes (1 cm³) de réactif. Agiter énergiquement toutes les minutes pendant dix minutes et évaluer la teneur en sodium à l'aide de la charte des « lignes » donnée pour le potassium.

Les sols des régions humides, à l'exception de ceux inondés par les marées, donnent rarement des tests nets par ce procédé. Ce test est spécialement adapté aux conditions d'alcalinité existant dans les sols arides.

Chlorures

Réactif : Dissoudre 2 g. de nitrate d'argent dans 100 cm³ d'eau distillée. Conserver en flacon brun bouché émeri.

Mode opératoire * : La solution d'extraction de Morgan donnant un précipité d'acétate d'argent avec le réactif des chlorures, le sol doit être extrait par l'eau distillée. Dans le cas où il n'est pas possible d'obtenir des extraits limpides, on utilise une solution spéciale d'extraction des chlorures **. Le procédé reste le même.

Verser dix gouttes d'extrait de sol dans un tube à essai. Ajouter une goutte de réactif. Agiter énergiquement et évaluer la teneur en chlorures à l'aide de la charte donnée pour le potassium.

Ce test est valable pour les sols salins ou ceux pour lesquels on soupçonne une contamination par l'eau de mer. Les sols normaux des régions humides donnent rarement des tests nets, à l'exception de ceux traités récemment par des doses massives d'engrais contenant des chlorures.

Autre test pour les chlorures

Réactif : Dissoudre 4,25 g. de nitrate d'argent et 2,7 g. d'oxyde mercurique dans une solution contenant 10 cm³ d'acide nitrique concentré dans 50 cm³ d'eau distillée. Conserver en flacon brun bouché à l'émeri.

Mode opératoire *** *:* Verser dix gouttes d'extrait de sol dans un tube à essai ; préparer un essai à blanc (dix gouttes de la solution d'extraction de Morgan dans un autre tube). Ajouter dans chaque tube deux gouttes du réactif, agiter énergiquement et ajouter encore deux gouttes du réactif. Agiter et évaluer les teneurs en chlorures à l'aide de la charte donnée pour le potassium. Un léger trouble (test très faible) correspond à environ 10 p. p. m. de Cl, un test faible, à 20 p. p. m., un test moyen, à 80 p. p. m.

Carbonates

Mode opératoire : Un sol contenant des quantités appréciables de carbonates est directement

* Adaptation du test utilisé par Spurway (43).

** Solution spéciale d'extraction des chlorures : diluer à 1.000 cm³ avec de l'eau distillée, 13 cm³ d'acide nitrique concentré (à 70 %). Cette solution est approximativement 0,2 N (33).

*** Adaptation du test de Montequi-Otero, pour les chlorures, Index Merk 1.2863. modification pour l'analyse rapide des sols de Morgan par T. R. Swanback, Windsor, Tobacco Laboratory, Connecticut Agricultural Experiment Station.

identifié par l'effervescence qui se produit sur le filtre au moment du passage de la solution d'extraction de MORGAN. Il en résulte généralement la formation d'une surface du sol convexe à la fin de l'extraction. Il n'existe pas de mesure quantitative.

Les extraits de sols riches en carbonates donnent généralement des précipités blancs par addition d'un réactif alcalin (réactif de l'azote ammoniacal ou réactif B du magnésium). Ce précipité ne gêne pas, normalement, les réactions colorées et est dû à la formation d'hydroxyde de calcium en excès, insoluble.

BORE *

Réactif A : Glycérine dans un flacon compte-gouttes (grade R. P.).

Réactif B : mélange tri-acide. Il est constitué par des volumes égaux d'HCl, SO_4H_2 et PO_4 H_3 (à 85 %) concentrés et chimiquement purs. Mélanger d'abord HCl et PO_4 H_3, puis ajouter **lentement** SO_4 H_2, sous une hotte ou à quelque distance d'un ventilateur mural. La réaction peut être violente si l'acide sulfurique est ajouté trop rapidement. Une légère agitation avec une baguette de verre propre peut accélérer la période de « bouillonnement ». Le réactif est prêt pour l'usage après refroidissement. On le conservera dans un flacon propre, bouché émeri, rincé au préalable avec du mélange triacide. La fermeture ne doit pas être trop hermétique, pour permettre aux vapeurs qui se forment de s'échapper.

Réactif C : teinture de curcuma. Un excès de poudre de curcuma est ajouté à de l'alcool éthytique à 95 %. Agiter par intervalles pendant environ une demi heure et filtrer. Conserver dans un flacon compte-gouttes.

Matériel : Tout le matériel en verre et les plaques à godets doivent être soigneusement lavés à l'eau bouillante (avec une solution chlorhydrique diluée lorsqu'ils servent pour la première fois, lavage que l'on fera ensuite de temps en temps), et rincés à l'eau distillée, puis séchés à l'air. En dehors de leur emploi, on les conservera enveloppés dans du papier propre. La même plaque à godets ne peut servir deux fois le même jour, car **la plus légère trace d'humidité diminue la sensibilité de la réaction****.

Mode opératoire : Une cuillerée à thé, rase, de sol est versé sur le filtre ; l'échantillon doit de préférence être frais, n'avoir pas eu l'occasion de se sécher à l'air et présenter le taux d'humidité du sol en place. Arroser le sol avec 10 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN ajoutés lentement (goutte à goutte au début). Laisser la solution s'écouler complètement. Après avoir homogénéisé l'extrait à l'aide de la pipette compte-gouttes, en prélever **deux fois** deux gouttes que l'on dépose sur la plaque à godets spéciale. Il importe que le volume des gouttes soit rigoureusement le même pour tous les prélèvements. On fera un essai à blanc (également en double, sur la plaque à godets) avec deux gouttes de la solution d'extraction de MORGAN. Dans trois autres godets déposer deux gouttes de la solution d'extraction de MORGAN, ces godets devant servir pour le rinçage. Le compte-gouttes doit être calibré de dix-huit à dix-neuf gouttes par cm³. Ajouter une goutte de glycérine (réactif A) et deux gouttes de triacide (réactif B) dans les godets contenant l'extrait de la solution de MORGAN. Ajouter enfin une goutte de teinture de curcuma (réactif C) dans les godets contenant l'extrait et les essais à blanc, mais pas dans les godets de rinçage.

Rincer une pipette en faisant monter deux ou trois fois le liquide contenu dans les godets de rinçage, successivement du premier, du second et du troisième godet. Répéter cette opération dans les godets des essais à blanc et mélanger les essais à blanc 1 et 2. Faire de même avec les godets contenant l'extrait, en mélangeant les deux prélèvements. Si l'ordre est connu d'avance, commencer par la plus faible teneur et finir avec les teneurs les plus élevées. Sinon, rincer la pipette dans les godets à cet usage et opérer en commençant par les essais à blanc et finissant avec les extraits.

Ajouter encore une goutte de triacide (réactif B) dans tous les godets **colorés** (pas dans les godets de rinçage), mélanger et comparer les colorations avec celles des essais à blanc et des solutions étalons. Avec un peu d'entrainement, il n'est plus nécessaire de faire une gamme de comparaison pour chaque test.

Interprétation : Une coloration rose nette, bien différente de celle de l'essai à blanc***, indique la présence d'une quantité suffisante de bore pour la croissance des végétaux, correspondant à 0,4-0,5 p. p. m. de bore. Une couleur pêche indique une teneur de 1 p. p. m. de bore. Des colorations roses plus foncés peuvent être dues à du bore en excès et présentent leur intérêt en ce qui concerne la qualité des produits cultivés, à condition toutefois que le bore ne soit pas présent à des concentrations toxiques.

Les tests pour le bore doivent être soigneusement établis en prenant pour base de comparaison des solutions étalons d'acide borique dans la solution d'extraction de MORGAN.

On a remarqué qu'avec les sols présentant des tests élevés pour le fer et l'aluminium, la coloration donnée par le test pour le bore peut avoir une intensité non justifiée, tandis que de fortes teneurs en nitrates ont tendance à diminuer la sensibilité du test. Il faudra donc, si possible, confirmer le test du bore à l'aide d'un procédé de laboratoire tel que celui de l'extraction par l'eau bouillante, de BERGER et TRUOG (2).

ZINC

Réactif A : Dissoudre 0,0807 g. de chlorure de cobalt dans 100 cm³ d'acide chlorhydrique 0,5 N.

Réactif B : Dissoudre 8 g. de chlorure mercurique et 9 g. de sulfocyanate d'ammonium dans 100 cm³ d'eau distillée. Laisser reposer trois ou quatre jours et décanter la solution claire.

Réactif C : Ether sulfurique.

*Mode opératoire**** :* Verser une cuillerée à thé, rase, de sol dans un bécher de 30 cm³. Ajouter la solution d'extraction de MORGAN lentement, quel-

* Modification du procédé de MORGAN par T. R. SWANBACK, WINDSOR, Tobacco Laboratory, Connecticut Agricultural Experiment Station.

** Les plaques ne doivent pas être séchées à l'étuve.

*** L'essai à blanc ne doit être qu'à peine coloré en rose. Si l'on obtient une véritable teinte rose, il est à présumer que les réactifs, la verrerie ou les plaques à godets ont apporté du bore, ou que l'on a utilisé trop d'acide. Contrôler soigneusement le volume des gouttes.

**** Adaptation de la méthode de KRUMBHOLZ et SAUCHEZ (25).

ques gouttes à la fois, en agitant avec une baguette de verre, jusqu'à ce que le sol soit parfaitement humecté. Ajouter encore 5 cm³ de la solution d'extraction. Agiter pendant une minute. Filtrer. Prélever dix gouttes de l'extrait dans un tube à essai. Ajouter quatre gouttes de réactif A et dix gouttes de réactif B. Agiter énergiquement et attendre deux minutes. Ajouter vingt gouttes de réactif C. Agiter doucement et attendre dix minutes. L'apparition d'une coloration bleue à la surface de séparation entre l'éther et la solution aqueuse indique la présence de zinc. Un film bleu à peine perceptible indique une teneur approximative de 10 p. p. m. dans l'extrait. Au-dessus de 25 p. p. m. environ, un précipité bleu commence à se déposer dans le fond du tube. Le test doit être comparé à une gamme-étalon préparée à partir de quantités connues de zinc sous forme d'acétate de zinc dissous dans la solution d'extraction de MORGAN. Il n'a pas encore été possible d'établir de relations entre les quantités de zinc présentes dans les extraits et celles qui sont actives dans le sol. Cependant, la présence de zinc en quantité considérable, ainsi révélée, est la preuve de concentrations nuisibles telles qu'on peut en rencontrer dans le voisinage des usines travaillant sur des alliages de zinc ou sur le zinc métallique.

CUIVRE

Réactif : Dissoudre 5 g. d'α-benzoinoxime dans 100 cm³ d'alcool éthylique (95 %).

Mode opératoire * : Préparer l'extrait de sol comme pour le test précédent. Déposer dix gouttes d'extrait sur la plaque à godets. Ajouter deux gouttes de réactif. Agiter et attendre cinq minutes. On observe une teinte jaune verdâtre à peine perceptible pour une teneur approximative de l'extrait de 2 p. p. m. de cuivre. Pour des teneurs plus élevées, la coloration verdâtre s'intensifie pour être tout à fait nette à 5 p. p. m. ; à 10 p. p. m., la coloration est franchement vert-pomme. Les résultats du test sont obtenus par comparaison avec une gamme-étalon préparée à partir de solutions connues de cuivre, sous forme de sulfate de cuivre, dans la solution d'extraction de MORGAN.

Le test du cuivre revêt une importance spéciale pour l'analyse des sols présentant une accumulation considérable de résidus de pulvérisations.

*Autre test pour le cuivre***

Réactif A : Fluorure de sodium, en poudre.

Réactif B : Solution à 1 % d'acétate de zinc.

Réactif C : Sulfocyanate de mercure et d'ammonium : dissoudre 8 g. de chlorure mercurique (Cl^2Hg) et 9 g. de sulfocyanate d'ammonium ($CNSNH^4$) dans 100 cm³ d'eau distillée.

Solution étalon : Solution contenant 0,1 % de Cu^{++}, ou 1.000 p. p. m. ; peser 3,9281 g. de sulfate de cuivre (SO^4Cu, 5 H^2O) et les dissoudre dans 200 cm³ d'eau distillée. Diluer à 1 litre avec de l'eau distillée. Préparer les solutions étalons suivantes, en se servant d'une pipette :

Solution d'extraction de Morgan cm³	Solution-mère de sulfate de cuivre cm³	teneur en p.p.m. de Cu^{++}
20,0	0,0	0
19,9	0,1	5
19,8	0,2	10
19,6	0,4	20
19,4	0,6	30
19,2	0,8	40
19,0	1,0	50
18,8	1,2	60
18,6	1,4	70
18,4	1,6	80

On peut préparer à l'avance ces solutions et les conserver dans des tubes bouchés pour leur emploi ultérieur. Tous les produits utilisés doivent avoir un degré de pureté élevé.

Mode opératoire : Peser 10 g. de sol récemment séché à l'air et passé au tamis de 1 mm. et ajouter 10 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN. Laisser en contact cinq minutes en agitant fréquemment. Filtrer. Ajouter 0,2 ou 0,3 cm³ de fluorure de sodium (réactif A) à l'extrait limpide.

Homogénéiser en aspirant le liquide plusieurs fois dans une pipette.

A l'aide d'une pipette, prélever soigneusement 0,2 cm³ exactement de chacune des solutions étalons préparées comme il est dit ci-dessus et les déposer dans les godets d'une plaque en porcelaine blanche. Faire de même avec les extraits à analyser. Dans chaque godet ajouter 4 gouttes de réactif B, puis 4 gouttes de réactif C. Agiter chaque mélange avec une petite baguette de verre et comparer l'intensité de la coloration violette des essais à celle donnée par les solutions étalons.

MERCURE

Réactif : Dissoudre 0,1 g. de S-diphénylcarbazide dans 100 cm³ d'alcool éthylique (95 %).

*Mode opératoire**** : Préparer l'extrait de sol comme il a été dit pour le test du zinc. Déposer 10 gouttes d'extrait sur la plaque à godets. Ajouter 2 gouttes de réactif, puis 3 gouttes de solution de soude (réactif B du magnésium). Agiter et attendre une minute. Une teinte rose saumon pâle, provenant de l'indicateur lui-même, correspond à un test négatif. On observe une coloration rouge saumon foncé en présence d'environ 5 p. p. m. de mercure dans l'extrait. La coloration est rouge foncé pour 10 p. p. m., rouge violet à 20 p. p. m., violet à 50 p. p. m., pourpre à 100 p. p. m. Les résultats sont obtenus par comparaison avec des solutions étalons de chlorure mercurique dans la solution d'extraction de MORGAN.

Le test du mercure peut avoir son utilité pour indiquer des accumulations de cet élément provenant de fongicides. Il confirme l'indication de la présence du mercure obtenu dans le test du phosphore et est beaucoup plus sensible.

PLOMB

Réactif : Dissoudre 0,05 g. de dithizone dans 100 cm³ de tétrachlorure de carbone. Ce réactif est à préparer fraîchement, car la plupart des récipients en verre le souillent après quelques jours de contact.

* Adaptation de la méthode proposée par HOSKING (21).
** Adaptation de la méthode de KING (23).
*** Adaptation de la méthode de FEIGL et NEUBER (16).

Mode opératoire * : Préparer l'extrait de sol comme il a été dit pour le test du zinc. Verser 5 gouttes d'extrait dans un tube à essai et ajouter, au centre de la surface du liquide, 1 goutte de réactif. La tache colorée en vert ainsi obtenue doit être maintenue et observée pendant deux minutes. Si la coloration de la tache reste verte, la teneur en plomb de l'extrait n'est pas mesurable. Pour une teneur (dans l'extrait) d'environ 10 p. p. m. une teinte vert olive apparaît en deux minutes ; à 20 p. p. m., la coloration est brun olive ; à 40 p. p. m., brun rougeâtre ; à 60 p. p. m., rouge brique en l'espace d'une minute ; à 100 p. p. m., rouge brique en l'espace de trente secondes.

Le test du plomb est utile pour identifier les sols ayant subi des traitements à base de plomb en vue de la lutte contre les insectes, ou les sols souillés par des résidus de pulvérisation des cultures par des composés plombiques.

Il convient de signaler que les composés du mercure donnent, avec le réactif utilisé pour le test du plomb, une coloration jaune d'or et les sels de zinc une coloration rouge cerise.

ARSENIC

Réactif A : Acide sulfurique concentré.

Réactif B : Zinc en grenailles, R. P. (exempt ou presque d'arsenic).

Réactif C : Solution de nitrate d'argent (2 g. de nitrate d'argent dans 100 cm³ d'eau distillée).

*Mode opératoire*** : Préparer l'extrait de sol comme il a été dit pour le test du zinc. Mettre quelques grains de zinc dans le fond d'un tube à essais. Ajouter 5 gouttes d'acide sulfurique concentré. Ajouter 10 gouttes d'extrait de sol. Placer une rondelle de papier-filtre, d'environ 15 mm. de diamètre, au-dessus de l'orifice du tube. Humecter le papier-filtre avec 1 goutte de la solution de nitrate d'argent (réactif des chlorures). Agiter doucement le tube plusieurs fois, jusqu'à ce que les bulles de gaz s'échappent librement. Laisser au repos deux minutes et examiner le côté inférieur de la rondelle de papier. Un pâle miroir argenté ou jaunâtre, sans trace de noir, correspond à un test négatif, cette légère coloration provenant d'autres constituants pouvant être présents. Avec des teneurs croissantes en arsenic, le papier présente des taches plus foncées. Ce test est sensible jusqu'à environ 10 p. p. m. dans l'extrait.

Le test de l'arsenic est utile pour la recherche d'accumulations d'arsenic et des résidus de traitements, pulvérisations et poudrages en vue de la lutte contre les insectes.

MOLYBDÈNE ***

Réactif A : Xanthogénate (ou xanthate) de potassium, cristallisé ****.

Réactif B : Solution saturée de xanthate de potassium dans le sulfocyanate de potassium (ajouter des cristaux de xanthate de potassium dans une solution à 10 % de sulfocyanate de potassium jusqu'à saturation). En général il est amplement suffisant d'en préparer 5 cm³ à la fois.

Réactif C : Acide chlorhydrique au 1/2.

Mode opératoire : Déposer 10 gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets et faire un à blanc avec 10 gouttes de solution d'extraction de MORGAN. Ajouter quelques cristaux de réactif A et 1 goutte de réactif C. Agiter et surveiller le développement des teintes. La plus légère coloration pourpre par rapport à l'essai à blanc indique une trace de molybdène, tandis qu'un bleu rougeâtre net dénote des quantités supérieures à des traces.

Lorsqu'il s'agit de détecter de très petites teneurs en Mo (inférieures à 1 p. p. m.), le procédé peut être rendu plus sensible de la façon suivante :

à dix gouttes d'extrait de sol sur la plaque à godets, ajouter 1 goutte de réactif B et 1 goutte de réactif C.

Opérer de même avec l'essai à blanc (10 gouttes de solution d'extraction).

Une légère coloration pourpre apparaissant immédiatement après l'addition d'acide indique une teneur au moins égale à 0,5 p. p. m. de Mo. Si la coloration est seulement rose pâle et disparaît rapidement, la teneur en molybdène est d'environ 0,25 p. p. m.

(*A suivre*).

* Adaptation de la méthode de FISCHER (17).

** Adaptation de la modification apportée par FEIGL (15) au test original de GUTZEIT.

*** Adaptation du procédé de FEIGL (15), p. 93, par T. R. SWANBACK.

**** Bien que le xanthate de potassium se trouve dans le commerce, on peut le préparer facilement au laboratoire à partir d'alcool éthylique, de sulfure de carbone et de potasse. $C_2H_5OH + CS_2 + KOH = KCS_2\ C_2H_5O + H_2O$.

Théoriquement les quantités requises sont de : 26 % de $C_2H_5\ OH$, 42 % de CS_2 et 32 % de KOH.

Faire une solution alcoolique saturée de KOH en ajoutant un excès de KOH à de l'alcool éthylique et laisser en attente plusieurs heures en agitant de temps en temps (un repos d'une nuit a pour résultat la décoloration de la solution).

Verser dans un bécher 26 parties, en volume, de C_2H_5OH et 42 parties de CS_2, et ajouter la solution (alcoolique) de KOH en quantité suffisante pour produire un précipité blanc dans le fond du bécher. Si l'on obtient une masse solide en agitant, l'addition de KOH est suffisante. Après repos, rejeter la liqueur surnageante et laver le précipité une fois avec de l'éther. Agiter énergiquement la masse étalée sur un grand verre de montre, sous une hotte ou près d'un ventilateur. Laisser sécher jusqu'au lendemain à la température ordinaire et à l'obscurité.

Après dessiccation, écraser les agrégats et homogénéiser avec soin sur une feuille de papier paraffiné, et conserver dans un flacon en verre brun. Le sel doit avoir une légère teinte jaune.

LE VANILLIER ET LA VANILLE, RICHESSE FRANÇAISE A DÉFENDRE

Le 4 mai 1951, M. Bouriquet, Docteur es sciences, Chef de la Division de Défense des Cultures du Ministère de la France d'outre-mer, a fait, sous le titre : « Une Richesse française à défendre : la vanille », une conférence à l'Académie des Sciences Coloniales *.

Après un exposé général sur les particularités morphologiques, anatomiques, physiologiques et biologiques des Orchidées, famille à laquelle appartient le vanillier (*Vanilla fragrans*), il rappelle les travaux de Noël Bernard sur la germination de semences de ces monocotylédones, travaux qui ont permis la mise au point de techniques sûres, largement exploitées de nos jours par les orchidophiles.

Mais ces techniques ne donnent aucun résultat lorsqu'il s'agit des graines de *V. fragrans*, ainsi que l'ont constaté les meilleurs spécialistes tels que Burgeff et Knudson.

Au cours de ses nombreuses prospections dans les centres malgaches de culture de la plante en cause, M. Bouriquet a pu noter que, de l'avis unanime des planteurs, le vanillier est en voie de dégénérescence et, selon eux, cet état de chose est imputable à la multiplication asexuée pratiquée depuis l'origine.

Or, pour nos territoires d'outre-mer, la vanille constitue une source de richesse très notable. En effet, les quatre cinquièmes de la production mondiale de cet aromate sont d'origine française, et, pour la Grande Ile et les Comores, sa production a atteint, en valeur 1.210.787.154 francs en 1950, et, la même année, les exportations ont rapporté à l'administration, sous forme de taxes douanières, 309.773.472 francs métropolitains.

Le conférencier fait également remarquer que, du point de vue social, la culture du vanillier présente de l'intérêt, car les petits planteurs autochtones possèdent environ 80 % des superficies cultivées.

Devant la menace de voir péricliter l'une des meilleures ressources de la Grande Ile, M. Bouriquet a cru devoir entreprendre, dès 1935, au laboratoire de Phytopathologie et de Mycologie, à l'Institut Pasteur de Tananarive, des recherches qui ont duré plusieurs années. Elles furent couronnées de succès, et, aujourd'hui, les services agronomiques du pays possèdent une technique sûre de germination. Un vanillier issu de graines, le « Pasteur n° 1 », très vigoureux et très productif, est actuellement multiplié à la Station agricole de Tamatave et un premier hybride a été obtenu.

Ainsi donc, la génétique de l'Orchidée en cause est commencée et elle est très riche en promesse.

A ce propos, il est rappelé que les perfectionnements réalisés sur la canne à sucre partent du moment, où l'on a su utiliser les semences.

Dans le but de faciliter les travaux de génétique, M. Bouriquet a commencé de créer, avant son départ de Madagascar, une collection des vanilliers du monde et le nombre de types réunis actuellement dans le pays atteint soixante-quatre.

Sur le plan commercial, la richesse française, que constitue la vanille, est également exposée à certains dangers. La vanilline synthétique, de qualité inférieure mais d'un prix de revient très faible, si elle n'est pas clairement désignée, peut constituer une fraude redoutable pour le produit naturel, aussi doit-on souhaiter qu'un projet de loi relatif aux appellations du produit naturel et du produit synthétique, projet qui a reçu un avis favorable de l'Assemblée de l'Union Française, soit rapidement voté.

Le mauvais état de conservation de la vanille à l'arrivée a suscité durant les hostilités de la part de notre meilleur client, les Etats-Unis, de sévères reproches, cela a conduit M. Bouriquet à poursuivre des recherches sur les altérations du produit en cause. Ces recherches ont démontré qu'une proportion suffisante de vanilline, dont les propriétés antiseptiques sont très notables, protège les gousses contre les principales causes de corruption.

Sortant de sa spécialité de phytopathologiste, en ce qui concerne le vanillier et la vanille, M. Bouriquet a pu constater que la plante et son produit ont donné lieu, ces dernières années, à des travaux assez importants de la part de l'étranger. De l'intérêt que ces derniers portent aujourd'hui à ces questions, on peut en conclure qu'une concurrence sérieuse se fait jour et que la France doit, sans retard, apporter, à la culture du vanillier et à la préparation de la vanille, les perfectionnements qui s'imposent.

Pour faciliter la tâche de ceux à qui sera confiée cette mission, M. Bouriquet a pensé qu'il conviendrait de mettre à leur disposition une monographie complète sur le vanillier et la vanille. Ce projet, approuvé par M. le Directeur de l'Agriculture de l'Elevage et des Forêts du Ministère de la France d'Outre-Mer, est aujourd'hui réalisé et l'ouvrage, qui doit paraître en 1951, a été réalisé avec le concours de quatorze collaborateurs les plus qualifiés, parmi lesquels le Professeur Janot, de la Faculté de Pharmacie de Paris, le Professeur Portères, du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Ainsi, les agronomes qui seront chargés des recherches sur la vanille à la Station spéciale du vanillier et de la vanille, en voie de création à Antalaha, disposeront d'un bon instrument de travail. Au surplus, les spécialistes, qui ont participé à l'édification de l'ouvrage, constituent désormais une équipe disposée à perfectionner cet instrument de travail.

Il est bien évident que l'hybridologie rendue possible par une bonne technique de germination devra retenir tout particulièrement l'attention. Par les méthodes, qu'offre la génétique, il est possible d'accroître la productivité pour pallier à la cherté de la main-d'œuvre, de rechercher des formes plus vigoureuses, mieux adaptées aux différentes régions productrices et plus riches en vanilline, par conséquent de meilleure conservation et plus aptes à satisfaire les producteurs d'extraits alcooliques de plus en plus demandés par la clientèle américaine.

M. Bouriquet a terminé en exprimant l'espoir que les efforts des agronomes de Madagascar, combinés à ceux des spécialistes métropolitains de l'équipe qu'il a pu constituer, permettront d'aboutir rapidement à des progrès très tangibles dans la culture du vanillier et la préparation de la vanille. De cette façon, il sera possible de dé-

(*) Le texte de cette conférence a été publié dans les comptes rendus mensuels des séances de l'Académie des Sciences Coloniales, tome XI, séances des 4 et 18 mai 1951, p. 221-37

fendre efficacement l'une de nos meilleures richesses.

Prenant ensuite la parole, le Président de l'Académie des Sciences Coloniales, M. EMILE PRUDHOMME, ancien Directeur des Services agricoles de Madagascar et l'un des promoteurs de la culture du vanillier de la Grande Ile, fait remarquer que le conférencier est, actuellement, l'agronome qui connaît le mieux le problème du vanillier et de la vanille dans son ensemble, puis il souligna le grand intérêt des travaux concernant la germination des semences du vanillier.

RÉSUMÉ. — *Exposé de la situation de la culture du vanillier dans le monde. Presque uniquement français autrefois, le vanillier pourrait être cultivé par d'autres pays. Ce n'est qu'en améliorant leurs méthodes de cul ure que les producteurs français pourraient défendre la position acquise.*

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYTIATRIE ET DE PHYTOPHARMACIE

Le 13 avril 1951 s'est tenue à Paris une réunion constitutive d'une société de médecine et de pharmacie des végétaux, qui prend le nom de « Société Française de Phytiatrie et de Phytopharmacie ».

Cette société envisage :

1° De combler une lacune en ce qui concerne la Médecine et la Pharmacie des Végétaux, puisqu'il n'existe pas jusqu'à présent de société scientifique consacrée à ces deux nouvelles disciplines.

2° De créer un corps de Consultants diplômés et d'Experts agréés offrant des garanties sérieuses de compétence.

3° D'amorcer un enseignement spécialisé.

Au cours de cette réunion les statuts de la société ont été mis au point, ils définissent, en ces termes, les buts de la Société, dont le siège est fixé à Paris, à l'Institut National Agronomique, 16, rue Claude-Bernard (Ve) :

a) D'une façon générale, mettre en œuvre tous moyens propres à faciliter les progrès de la protection et de l'amélioration de la production végétale par le développement de la phytiatrie et de la phytopharmacie.

b) Favoriser et développer les contacts personnels et les échanges d'idées entre les spécialistes de la Phytiatrie et de la Phytopharmacie

Organiser à cette fin des réunions d'études et publier une Revue scientifique spécialisée.

c) Promouvoir, aider toute organisation de recherche ou d'enseignement se rapportant au but de la société, assurer la formation de spécialistes ou de personnel qualifié pouvant jouer notamment le rôle de Conseillers et d'Experts.

d) Collaborer à une meilleure information du monde agricole en ce qui concerne la défense des cultures et de leurs produits.

e) Faciliter la liaison entre les chercheurs de la Métropole et ceux de l'Union Française.

f) Participer à l'étude des problèmes scientifiques sur le plan international et collaborer à cette fin à des Congrès, Conférences ou Colloques internationaux ou à des Missions et publications de même caractère.

M. BOURIQUET, Chef de la Division de Défense des Cultures du Ministère de la France d'outremer, a été nommé membre du Conseil d administration de la Société.

La première réunion du Conseil a eu lieu le 16 mai. A l'ordre du jour de cette réunion était inscrit l'organisation du IIIe Congrès international de Phytopharmacie, auquel de nombreuses nations doivent participer et qui doit se tenir à Paris en septembre 1952.

G. B.



LE NITROPHOSPHATE

Les Impérial Chemical Industries produisent un nitrophosphate granulé dosant :

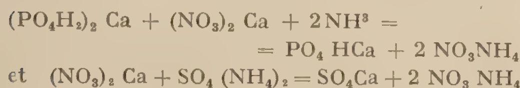
P_2O_5 15,4 % dont 12,7 % soluble dans l'acide citrique,
N 12,7 %,
eau 2,0 %.

Pour l'obtenir on fait agir une solution d'acide azotique à 50 % sur des phosphates naturels du Maroc.



$$(PO_4)_2 Ca_3 + 4\, NO_3H = (PO_4\, H_2)_2\, Ca + 2\, (NO_3)_2\, Ca.$$

Le nitrate de chaux étant très hygroscopique, on traite avec de l'ammoniaque et du sulfate d'ammoniaque :



$$(PO_4H_2)_2\, Ca + (NO_3)_2\, Ca + 2\, NH^3 = $$
$$= PO_4\, HCa + 2\, NO_3NH_4$$
$$\text{et} \quad (NO_3)_2\, Ca + SO_4\, (NH_4)_2 = SO_4Ca + 2\, NO_3\, NH_4$$

Le produit obtenu est séché et les granulés formés sont tamisés. Cet engrais est dur, stable et de bonne conservation. Des essais culturaux avec ce fertilisant sont en cours, et une usine pilote est en construction.

Chemistry and Industry, Londres, 1951 (7 avril), p. 265.

UN NOUVEAU SYSTÈME D'ENSILAGE : LE PROCÉDÉ FRIGIERIE

L'appareil se compose :

d'un cintre de 0,65 m. de haut qui est levé automatiquement quand la meule devient plus haute ;

d'un mât central autour duquel tourne une armature métallique soutenant une roue motrice qui fait tourner l'armature ;

d'une roue folle au diamètre opposé ;

de quatre rouleaux en ciment comprimant la matière ensilée. On couvre la meule terminée de terre (30 cm.).

Cet appareil peut donc ensiler successivement de très nombreuses meules. Les pertes dans le bas de la meule, à la face supérieure, et à la périphérie sont très faibles.

Le silage produit est excellent, et la matière à ensiler n'a pas besoin d'être hachée ou broyée. Avec cet appareil on peut ensiler sans ajouter aucun produit, sans mettre un acide ou de la mélasse, etc...

Bulletin des Engrais, 1951 (mars).

LE SUDANGRASS AUX ÉTATS-UNIS

On a introduit le sudangrass aux Etats-Unis en vue de le substituer au Johnsongrass difficile à détruire à cause de ses rhizomes. Le Sudan 23 cultivé en Californie est une sélection du sudangrass commun.Ce dernier a été hybridé avec le sorgho sucré Leoti pour donner le sweet sudan. Le Tift sudan a été obtenu par une hybridation semblable entre le Leoti et le sudangrass commun. Il sert au pacage, en prenant quelques précautions : quand les tiges sont jeunes, elles contiennent de l'acide cyanhydrique, elles doivent avoir atteint environ 60 cm. de haut pour être pacagées.

Revue de l'Oranger, 1951 (mars).

GAZ DE DE FUMIER

Cinq cent à six cent installations de gaz de fumier existent en France et fonctionnent à la satisfaction des utilisateurs.

Comptes rendus Académie agriculture, 1951 (28 février).

LA DÉFENSE CONTRE LA GRÊLE AU MAROC

Les régions de Fès et Meknès sont sujettes à de nombreux orages de grêle au printemps. On a installé, l'année dernière, dans cette partie du Maroc, de nombreux postes envoyant des fusées paragrêle, qui éclatent au milieu du tourbillon grêlifère du cumulo-nimbus. On a constaté que le nuage, dans lequel éclate la fusée, devient de teinte plus claire, s'effiloche quelquefois et dans tous les cas laisse tomber de la pluie au lieu et place de grêle.

Des dégâts importants ont été ainsi évités aux régions de Fès et de Meknès.

Revue agricole Afrique Nord, 1951 (13 avril).

TUBES EN MATIÈRE PLASTIQUE

Des tubes en matière plastique vont être utilisés en Grande-Bretagne comme conduites d'eau. Ils sont très légers, flexibles, et peuvent être posés avec des charrues taupes en fort peu de temps. Ils résistent aux acides du sol, à la gelée.

La Potasse, 1951 (mars).

DEUXIÈMES JOURNÉES DU RIZ

Les 14 et 15 décembre 1951 se tiendront à Arles sur Rhône les deuxièmes journées du riz.

Direction des services agricoles des Bouches-du-Rhône.

SUPERFICIE ET PRODUCTION RIZICOLES MONDIALES

	Superficie (milliers d'hectares)		Superficie (milliers de tonnes de paddy)	
	Moyenne 1934/35 à 1938/39	1949/50	Moyenne 1934/35 à 1938/39	1949/50
Asie	80.600	85.000	142.900	141.000
dont Birmanie	4.931	3.270	6.971	4.076
Chine	19.771	18.500	50.065	44.500
Formose	666	746	1.642	1.511
Inde	23.827	29.606	32.309	34.519
Indo-Chine	5.590	4.500	6.498	4.600
Java et Madoura	3.843	3.595	6.081	5.796
reste de l'Indonésie	2.478	?	3.906	4.070
Japon	3.169	3.150	11.501	12.224
Corée	1.648	?	3.699	?
Pakistan	7.562	8.811	11.169	12.403
Philippines	1.990	2.180	2.179	2.596
Siam	3.370	?	4.357 (?)	6.683 (?)
Europe	220	250	1.140	1.040
Amérique du Nord et Centrale	540	1.120	1.180	2.330
dont Etats-Unis	387	737	956	1.820
Amérique du Sud	1.190	2.300	1.820	3.830
dont Brésil	956	1.850	1.365	2.980
Afrique et Océanie	1.850	2.630	2.200	3.280
dont Egypte	174	295	609	1.168
Estimation totale	84.400	91.300	149.200	150.500

D'après F. A. O. ,« Rapports sur les produits », Riz n° 2, 1950 (29 décembre), p. 18-9.

Rapport de la Mission française d'outre-mer

UTILISATION ET CONTROLE DES EAUX

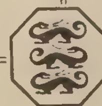
sur son voyage aux Etats-Unis, septembre à décembre 1950

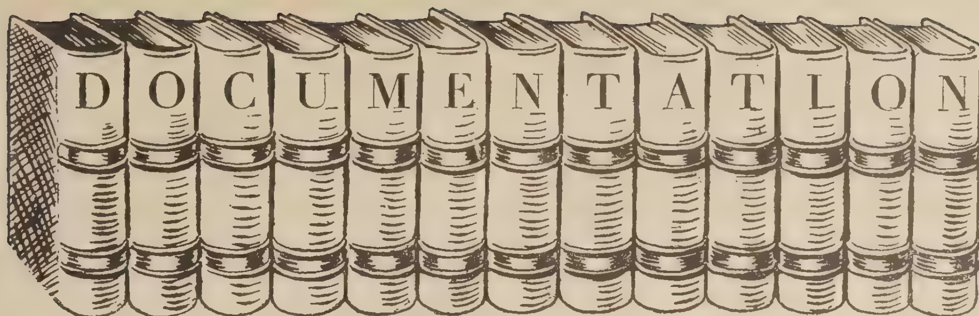
Ce rapport de mission, en cours d'impression, constituera le Bulletin agronomique n° 7 de la Section Technique d'Agriculture Tropicale. Il sera cédé au prix de douze cent francs (1.200 fr.) l'exemplaire.

Les trois techniciens, qui composaient cette mission, devaient, au cours d'un voyage d'étude aux États-Unis, étudier une meilleure utilisation des eaux en vue notamment du développement des cultures vivrières et en particulier du riz.

Leurs conclusions sont présentées dans ce rapport. Ils ont insisté principalement sur la **mise en œuvre** telle qu'elle est réalisée aux U. S. A., et telle qu'elle serait susceptible de l'être dans les territoires de la France d'outre-mer. C'est sur le côté pratique des réalisations, qu'ils ont étudiées, qu'a porté le principal de leur travail.

Ce rapport comprend soixante et onze photographies, cinquante deux figures, et une très abondante bibliographie de source américaine.





I

OUVRAGES ET DOCUMENTS GÉNÉRAUX

6-107

VOGT (W.). — **La faim du monde**. Traduction de ROLLET (I.), Hachette, Paris, 1950, 354 p.

Ce livre a été publié aux Etats-Unis sous le titre : « Road to survival ». Il reprend le thème du livre de OSBORN (F.) : La planète au pillage (Our plunderet planet), et l'amplifie.

Dans cet ouvrage, l'A. fait ressortir le problème angoissant des possibilités de survie de l'humanité. D'un côté le nombre des humains s'accroît sans cesse, particulièrement dans les régions : la Chine, l'Inde, les pays tropicaux, où les populations sont déjà sous-alimentées, les surfaces cultivables étant restreintes, la fertilité naturelle médiocre. D'un autre côté le cultivateur, trop souvent, n'exploite pas la terre en « bon père de famille », il veut en tirer tout ce qu'elle peut donner, il la vide de toutes ses réserves organiques et minérales sans lui restituer, ou trop rarement ou incomplètement, les éléments que les récoltes exportent, et, soit l'abandonnant pour exploiter de nouvelles terres, soit même parfois, sans l'abandonner, il la livre à tous les facteurs de destruction, érosion pluviale et érosion éolienne, latéritisation dans les pays tropicaux etc... En résumé, tandis que le nombre des consommateurs croît, la capacité nourricière de la terre décroît ou plus exactement pourrait bientôt se mettre à décroître.

Pour éviter la conséquence fatale de cette opposition, l'A. indique un double remède : ménager le capital sol et sa fertilité, limiter la population des régions surpeuplées eu égard à leur capacité nourricière, et, partout, par le contrôle des naissances, empêcher son accroissement

6-108

GUERBER (R.). — **La pratique du tracteur : du motoculteur au tracteur de 60 C.V.** *Technique et Vulgarisation*, 5, rue Sophie-Germain, Paris (14e), 1950, 250 pages, 162 fig., tabl.

L'agriculteur, désirant acquérir un tracteur ou soucieux de mieux connaître celui qu'il possède, lira avec profit cet ouvrage. Il y trouvera d'abord des renseignements précieux concernant le choix d'un tracteur. Ce choix est chose délicate, qui ne peut pas se traiter comme le problème industriel de l'achat d'une machine-outil établi en vue d'une production fixe et toujours de même nature. Il dépend d'un grand nombre d'éléments d'ordre mécanique et cultural, ainsi que d'ordre économique dans tous les sens de ce mot. Ces facteurs sont passés en revue dans la première partie de l'ouvrage. Dans les chapitres suivants, l'A. décrit le moteur, l'équipement électrique, la direction et les freins, la transmission de la puissance motrice aux roues et aux chenilles, et les équipements de travail. La conduite du tracteur, dans le champ, sur route, est étudiée, et des conseils sont donnés pour éviter les accidents. Deux chapitres sont réservés, l'un à l'entretien, l'autre aux réparations et aux pannes. Le dernier chapitre est consacré aux motoculteurs.

II

EXTRAITS BIBLIOGRAPHIQUES

6-109

BALACHOWSKY (A. S.). — **La lutte contre les insectes**. Bibliothèque scientifique, Payot, Paris, 380 pages, 56 figures, 8 planches hors-texte.

L'ouvrage que nous offre A.S. BALACHOWSKY est destiné au grand public cultivé. D'ordinaire, cette sorte d'ouvrage présente certains dangers : soit que les auteurs, trop peu spécialisés, utilisent difficilement, sans chances d'erreurs, les résultats d'une énorme compilation obligatoire ; soit, au contraire, que leur spécialisation, très poussée, ne leur permette guère d'aborder avec la même compétence toutes les parties d'un sujet fort varié. Tel n'est pas le cas du présent ouvrage, qui étonne par l'équilibre solide de ses diverses parties, toutes traitées avec la même sûreté d'information et la même compétence.

Quoique s'adressant à un large auditoire, le livre de S. A. BALACHOWSKY demeure précieux pour les spécialistes, apportant, aussi complètement qu'il est possible dans le cadre limité de trois cent quatre vingt pages, une mise au point très utile de toutes les questions relatives à la lutte contre les insectes.

Le livre débute par un historique, nécessairement assez court, mais qui donne une idée exacte de la brusque poussée des progrès réalisés durant les cent dernières années. L'A. rappelle les premières applications au phylloxera, au doryphore, au pou de San José, au pou rouge de Californie, à l'*Icerya purchasi*, des premières méthodes modernes de lutte.

En ce qui concerne la lutte chimique, plusieurs sous-chapitres exposent la classification des insecticides adoptés, les divers modes d'action des insecticides, leurs qualités élémentaires (pourcentage de produit

actif, stabilité, innocuité ou danger pour l'homme et les animaux domestiques ; innocuité pour les plantes et action phytocide, adhérence, fixation, épandage, facilité d'emploi) ; phénomène de synergisme et activation.

La délicate question de l'accoutumance et de la résistance (innée ou acquise) de certains insectes est exposée, ainsi que celle, non moins importante, de la destruction des insectes utiles et du déséquilibre des faunes, que peuvent entraîner les traitements généralisés.

Les insecticides sont classés (d'une manière assez arbitraire, mais il n'en existe peut-être pas de meilleure) en insecticides d'ingestion, de contact, organiques de synthèse et fumigants.

Chaque insecticide actuellement employé à grande échelle est étudié : un ensemble de quatre vingt sept pages représentant un vrai précis de phytopharmacie. Il est regrettable que, partout, une erreur typographique ait fait donner *y*, isomère actif de l'hexachlorocyclohexane, comme γ. Pour être immédiatement rétablie par les gens de métier, cette erreur n'en consiste pas moins un danger pour le public non prévenu.

Il est à remarquer que les insecticides (encore mal connus), qui immunisent la plante en pénétrant dans ses tissus et circulant avec la sève, font l'objet d'un chapitre spécial.

Pour ces derniers insecticides, l'A. préconise le nom de cytotropes. Les Britanniques les appellent « Systemic insecticides » et, dans les analyses de travaux s'y rapportant, j'avais simplement francisé le nom anglais, jugeant que cette appellation d'insecticide « systémique » (passant dans le « système » vasculaire des plantes) serait peut-être la plus accessible au grand public.

La lutte biologique fait l'objet d'un chapitre encore plus étendu que le précédent.

Après avoir indiqué comment les insectes nuisibles ont pullulé par suite des conditions créées par l'homme : extension des cultures, introduction d'insectes d'un continent dans un autre, etc..., l'A. décrit les modalités d'action des insectes entomophages.

A ce propos, il est à remarquer qu'il est l'un des rares auteurs français, traitant d'entomologie appliquée, à utiliser de manière exacte les termes correspondant aux divers degrés du parasitisme. Surtout dans cette sorte d'ouvrages devant rencontrer une large diffusion, la propriété des termes m'apparaît comme très importante ainsi que je l'ai déjà précisé (J. Risbec. *L'Agronomie tropicale*, Vol. 5, 1950, n°s 3-4).

Comme il le déclare lui-même, l'A. ne peut donner qu'un « aperçu des insectes entomophages sélectionnés pour la lutte biologique ». Cet aperçu (en quarante six pages), très clair, illustré, est suivi par l'exposé de quelques exemples d'utilisation de ces insectes dans la lutte contre certaines espèces nuisibles très importantes.

Le chapitre suivant étudie l'action des champignons entomophytes, des bactéries, et des virus dans la lutte biologique.

Un chapitre spécial nous parle des insectes auxiliaires phytophages avec, en exemple, la lutte contre les *Opuntia* dans l'hémisphère Sud, la destruction des *Clidemia* aux îles Fidji, celle des *Hypericum* et de diverses autres plantes nuisibles.

Les procédés psychiques de lutte sont ceux qui utilisent les divers tropismes des insectes : phototropisme, action des couleurs, chimiotropisme. L'A. passe en revue les applications réalisées : pièges lumineux et radiations diverses, pièges colorés, pièges attractifs, etc.

Un développement très intéressant est accordé aux attractions vitales en rapport avec la nutrition, la ponte, l'accouplement, la nidification.

Les derniers chapitres traitent de l'utilisation des agents physiques, des moyens culturaux, des procédés mécaniques de lutte.

Un index alphabétique des matières et un index alphabétique des auteurs terminent l'ouvrage.

Je suis persuadé que ce dernier livre de A. S. Balachowsky est assuré du plus grand succès.

J. R.

6-110

Schnell (R.). — **La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique Occidentale**. Paris, Lechevalier édit., 1950, 1 vol. 330 p., fig., pl. h.-t.

A l'initiative du Prof. Monod, l'éditeur Lechevalier a créé la collection des **Manuels ouest-africains** ouverte par le travail de M. Schnell.

Dans une première partie de cet ouvrage c'est la forêt qui est envisagée : sa structure, sa biologie, sa composition, son support, ses ressources et ses rapports avec l'homme, son histoire à travers les vicissitudes paléoclimatiques.

C'est évidemment la partie la plus vivante ; celle sur laquelle on peut le plus longuement réfléchir et discuter. Tous ceux, biogéographes, pédologues, botanistes, que passionnent la vie et l'histoire naturelle des forêts africaines, tous ceux, économistes, forestiers, agronomes, qui ont à connaître cette histoire, pour mieux comprendre les possibilités actuelles et estimer celles de demain, des ressources végétales de cette partie du Continent, ont intérêt à étudier ce livre.

Dans une seconde partie, l'A. amène aux noms des principales essences forestières par le moyen de clés dichotomiques mettant en jeu les caractères végétatifs appréciables par le profane.

Une autre clé, basée sur le même principe, conduit à la reconnaissance des principales familles à espèces ligneuses.

Enfin, les arbres les plus représentatifs sont énumérés et brièvement décrits.

Des dessins d'une facture délibérément sommaire viennent à l'appui du texte pour les déterminations.

Cette deuxième partie sera très utile à toutes les personnes, qui désirent s'initier à la connaissance floristique de la forêt, ou, plus simplement, qui veulent connaître le nom des arbres les plus répandus et que rebute l'usage des Flores générales.

Nous souhaitons vivement que de nombreux ouvrages viennent prochainement prendre suite dans cette collection, dont l'objectif répond à un besoin si évident.

H. J.-F.

III

BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE

SOLS

Propriétés des sols

6-111

Castagnol (E. M.). — **Problème de sol et l'utilisation des terres en Indochine**. *Archives de l'Institut des Recherches agronomiques de l'Indochine*, Saïgon, nº 7, 1950, 61 p., nombreuses phot., cartes, graphiques.

L'A. reprend l'exposé des résultats obtenus dans ses essais en Indochine. Quelques-uns ont déjà été signalés dans deux notes du même A. parues dans *L'Agronomie Tropicale* : Problème de l'humus et de la fumure organique » (1950, janv-fév.), « Problème des engrais minéraux dans les hautes terres tropicales » (1950, mars-avril),

Dans la présente analyse, l'A. insistera sur les résultats pratiques obtenus. Certains prétendent, il semble à juste titre, que l'Indochine ne contiendrait plus de sols neufs : « En un siècle, l'Indochine serait en grande partie défrichée surtout dans les moyennes et hautes régions du Tonkin, de l'Annam, ainsi que dans le Nord Laos, et la végétation existante correspondrait aux phases d'une régénération naturelle, qui suivrait une dégradation périodique causée par l'homme ».

L'extension des cultures permanentes pourrait être effectuée sur les sols alluvionnaires et sur les sols en place. Parmi ces derniers, on rencontre, au Tonkin, des terres rouges sur schiste noire dans le bassin de la Rivière Noire, diverses formations des régions de Tuyen Quang et de Yen-Baï, des sols formés sur schiste et sur gneiss dans la région de Phu-Tho ; dans le Nord-Annam, des terres rouges basaltiques et porphyritiques, des sols formés sur schiste foncé et des sols rouges formés sur calcaire ; dans le Centre-Annam, des sols rouges et bruns basaltiques ; dans la Chaîne Annamitique, des terres rouges dacitiques, basaltiques, des terres formées sur schistes, calcaire et roches éruptives anciennes.

L'A. traite ensuite de l'augmentation des rendements et de la sécurité des cultures. Il insiste particulièrement sur la dégradation des sols et sur la pratique des rays. Il signale l'extension d'un *Eupatorium* étouffant l'*Imperata cylindrica*, et la nécessité de regrouper les populations montagnardes autour des dépressions, dont le sol est aménageable en rizières.

Passant au rôle de la recherche agronomique pour l'utilisation des sols en Indochine, l'A. indique la nécessité d'une prospection et d'une étude des sols, pour repérer ceux à vocation agricole et déterminer comment ils doivent être mis en valeur.

Le dernier chapitre est consacré aux problèmes de la fertilisation. Les amendements doivent avoir dans les sols en place un quintuple but :

a) conservation et amélioration de la structure grumeleuse du sol ;
b) contrôle de l'état de non saturation du complexe absorbant et conservation des bases échangeables dans les couches supérieures du profil ;
c) conservation de la matière humique ;
d) maintien d'un pH supérieur à 5, contrôle de l'acidité d'échange et des ions Al^{+++} libres ;
e) lutte contre une érosion sélective de surface et un lessivage du sol en profondeur.

L'A. propose comme amendements soit la roche-mère moulue, soit la chaux et le calcaire broyé.

L'apport de matières végétales au sol doit se comprendre de deux façons : fumure au fumier, dans laquelle les éléments fertilisants sont apportés sous une forme économique et favorable à la nutrition des plantes, ou sous forme de matière végétale pour maintenir la structure et les propriétés physico-chimiques du sol. L'A. discute suivant les conditions du milieu, Nord ou Sud indochinois, les avantages et les inconvénients des plantes engrais verts. Pour le Nord, il conseille les *Crotalaria*, les *Tephrosia*. Dans le Sud, les feuilles des *Crotalaria* sont mangées par les insectes, les *Tephrosia*, les pois d'Angole ne viennent que sur terres basaltiques. Le *Tithonia diversifolia*, une Composée, a donné d'excellents résultats (200 t. de matières vertes à l'hectare, enracinement peu profond). Dans le sol les *Crotalaria* et les *Indigofera* se décomposent rapidement à cause de leurs feuilles insuffisamment coriaces.

Les engrais minéraux ne peuvent être tous employés. On peut conseiller les phosphates naturels finement moulus sur les terres basaltiques ou dacitiques. Les sulfates de potassium et d'ammonium sont à préférer aux chlorures. Cependant pour le poivre, les sulfates ne sont pas à employer, on doit utiliser le nitrate d'ammonium, le nitrate de potassium. Sur théier l'association du sulfate d'ammonium et du sulfate de potassium amène une augmentation de la récolte. En résumé, l'A. conseille :

comme engrais azotés : la cyanamide, l'urée et l'ammoniaque libre ;
comme engrais potassique : les sulfates.
Sur poivre et en pépinière : les nitrates d'ammonium, les nitrates de potassium.

6-112

Boischot (P.), Sylvestre (G.). — **Fixation de l'azote nitrique par les microorganismes décomposant les pailles de céréales dans le sol.** *Comptes rendus Acad. Sciences,* Paris, 1951 (11 juin), p. 2253-5.

Dans une première série d'essais, les A.A. ont mis en présence de la terre, de la paille et de l'N ammoniacal, durant dix jours à 28° C. Ils ont trouvé : *a*) que plus la masse de terre est grande, plus la formation de nitrate extrait est importante ; *b*) plus la quantité de paille est importante, plus celle de nitrate extrait est faible ; *c*) moins on met d'azote, plus on trouve de nitrate extrait.

Par une deuxième série d'essais, les A.A. ont trouvé que la quantité d'azote nitrique absorbé est toujours inférieure à celle de l'azote ammoniacal.

Dans une troisième série d'essais, où l'on introduit soit de l'azote ammoniacal, soit de l'azote nitrique, on voit que si la quantité d'azote ammoniacal fixé pour 100 de paille diminue lorsque le poids de celle-ci augmente, l'azote nitrique est au contraire absorbé dans la proportion de 0,5 % de paille, quelle que soit la quantité de cette dernière.

La présence d'azote ammoniacal diminue l'utilisation de l'azote nitrique.

Les A.A. concluent de l'ensemble de leurs essais :

1° L'azote nitrique peut, au même titre que l'azote ammoniacal, être absorbé par les microorganismes attaquant la paille, mais cette forme est moins bien utilisée que l'azote ammoniacal.

2° La quantité de nitrate formée est d'autant plus grande que les rapports terre/azote et terre/paille sont plus élevés. Dans la pratique agricole ces rapports étant très grands, une grande partie de l'azote absorbé par les microorganismes doit l'être à l'état nitrique.

6-113

Bastisse (E. M.). — **Recherche sur les conditions théoriques et pratiques permettant le maintien et l'assimilabilité de l'acide phosphorique dans les terres latéritiques.** *Annales agronomiques*, Dunod, Paris, 1950 (nov.-déc.), p. 748-61, 8 tableaux, bibliographie de 2 références.

L'A., en se basant sur des études antérieures, a divisé les anions du sol en deux groupes, ceux, qu'il qualifie d'actifs, qui, comme l'acide humique, l'acide silicique, l'acide phosphorique sont énergiquement absorbés par les colloïdes, en particulier par l'argile colloïdale et ceux qu'il qualifie d'inactifs.

On sait que dans un sol riche en hydroxydes, les anions phosphoriques sont énergiquement fixés, et que les plantes ne peuvent que difficilement les absorber. On peut supposer que si on introduit un autre anion actif, ce dernier sera absorbé à la place des ions P^2O^5, qui pourront redevenir partiellement disponibles. L'A. cultiva des plantes dans des solutions comportant une scorie contenant Fe, Ca et aussi SiO^2, l'assimilation du P^2O^5 fut facilitée.

L'A. a repris ses essais et a comparé, en y faisant développer des maïs, différents milieux liquides :

1) témoin,
2) témoin + 2 g. de fer métal sous forme d'hydrate d'oxyde ferrique,
3) témoin + 2 g. d'aluminium métal sous forme d'hydrate d'alumine,
4) témoin + 100 g. de terre latéritique,
5) témoin + 25 g. de terre latéritique.

On ajoutait 5 g. de scorie, le pH est ramené puis maintenu à 6,0-5,5.

Chaque série 1, 2, 3, 4, 5, est divisée en trois : I, II et III ; I) reçoit du sulfate neutre de potasse, III) du silicate de potasse, II) un mélange de ces deux pro-

duits. On a donc dans les groupes I, II, III, les mêmes quantités de P^2O^5, mais des quantités croissantes de SiO^2.

Les essais ont été effectués en 1947, recommencés en 1948, puis en 1949, l'A. en rend compte, dans des tableaux donnant après culture : les teneurs en éléments contenus dans les milieux liquides, les rendements culturaux, la composition des produits récoltés, les exportations totales par les récoltes. Ces données confirment les résultats obtenus antérieurement.

L'addition de SiO^2 accroît l'absorption de cet élément par le végétal et ce d'autant plus que la quantité de SiO^2 est grande ; ce fait est très net pour les racines, pour les tiges au contraire il existe une limite.

La teneur en Fe de la tige a tendance à décroître quand celle en SiO^2 augmente. Dans les racines il y a parallélisme entre les deux.

La teneur en P^2O^5 varie de façon irrégulière, elle semblerait décroître, quand celle en SiO^2 croît.

L'apport de SiO^2 entraîne une augmentation de rendement. Au contact d'éléments rétrogradant P^2O^5 ou le fixant énergiquement, la présence de SiO^2 augmente la quantité de P^2O^5 absorbé et les rendements.

Ces résultats devraient être vérifiés dans les conditions de la culture.

Géologie. Pédologie. Carte des sols

6-114

BOYER (J.). — **Etude pédologique des sols de la partie Nord de la station agricole de Boukoko**. *Bulletin station centrale Boukoko*, 1951 (janvier), p. 56-97, cartes.

La station agricole de Boukoko se trouve à presque 4° de latitude Nord, à une altitude moyenne de 600 m. Elle est située en Oubangui, à la limite de la zone forestière équatoriale et de celle de la savane.

La température moyenne est de 24°2 avec une différence de 3°2 entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid. La hauteur moyenne des pluies est de presque 1.600 mm. en cent dix sept jours. La saison sèche dure quatre à cinq mois de novembre à mars, elle est peu prononcée ; la saison des pluies dure sept à huit mois, elle est coupée par une petite saison sèche peu perceptible, de deux à trois semaines, se plaçant vers juin-juillet. Ces conditions météorologiques entraînent pour les sols le phénomène de latéritisation.

Géologie. Deux roches ont donné naissance aux terres de Boukoko, un grès à filons de quartz tendant vers la quartzite par endroits, à d'autres vers la schistosité, et une roche verte à éléments blancs, d'origine probable magmatique, que l'A. suppose être une dolérite.

Le grès surmonte la dolérite. L'A. suppose, soit que la dolérite est postérieure au grès et s'est introduite dans les cassures de cette dernière, soit, plutôt, qu'elle est antérieure au grès, qui l'a recouverte, la masse ensuite aurait été découpée par des cassures.

La plupart des sols sont formés sur grès, il n'est d'exception que pour des pentes très raides. Les sols formés sont donc très homogènes. Si la roche mère est la dolérite seule, ce qui est rare, la latéritisation est plus rapide, le niveau d'accumulation ne contient plus des gravillons ferrugineux mais une cuirasse prise en masse.

Différents types de sol. On rencontre dans la station quatre types de sols :

a) sols rouges latéritiques (cuirassement profond) ;
b) sols beiges latéritiques (cuirassement faible ou absent) ;
c) sols gris latéritiques (jamais cuirassés) ;
d) sols beiges de savane, modification de *a*) sous l'influence de la végétation.

Les indications de coloration ne doivent pas être considérées comme absolues.

a) Les sols rouges latéritiques se rencontrent sur les plateaux ou sur les pentes très faibles sous végétation forestière. Le profil comprend : l'horizon AO humifère de 5 à 15 cm. d'épaisseur, l'horizon Al rouge et argileux ayant de 1 à 5 m. d'épaisseur, l'horizon Bl de gravillons ferrugineux plus ou moins consolidés en carapaces, l'argile occupant les intervalles entre les gravillons, ayant de 0,30 m. d'épaisseur, la zone de départ sableuse ayant 0,50 m. à 4 m. d'épaisseur, la roche mère pourrie (grès ou dolorite).

b) Les sols beiges latéritiques se rencontrent sur les pentes, ils ont des aspects assez différents. Ils se distinguent des précédents par un horizon moins rouge en surface qu'en profondeur, par une teinte générale plus claire, par une texture plus sableuse.

c) Les sols gris latéritiques se rencontrent dans les bas fonds, ils sont ou noyés ou possèdent une nappe phréatique proche de la surface. On y rencontre, de haut en bas, les horizons suivants : humus non décomposé, horizon humifère sablo-limoneux à structure grumeleuse, horizon gris de moins en moins humifère sans structure ou à structure polyédrique, horizon beige très clair à structure polyédrique, horizon gris verdâtre de Gley.

d) Les sols beiges de savane sont des sols rouges forestiers dégradés, les Graminées (*Pennisetum, Panicum, Imperata*) ayant remplacé la forêt. L'horizon AO est sableux avec un humus très décomposé et pouvant avoir 40 cm. d'épaisseur, il surmonte l'horizon Al beige compact. Les horizons B et C sont les mêmes que dans les sols rouges. D'après l'A. la dégradation demanderait une dizaine d'années.

Genèse de ces sols. L'A. donne de la formation des sols rouges latéritisés l'explication suivante. Les bases CaO, MgO, K^2O, Na^2O, entraînées en profondeur par lessivage pluvial, donnent à la zone de départ une tendance alcaline, mais elles sont reprises par les racines et reviennent en surface sous forme de débris végétaux, qui se décomposent en donnant un humus saturé de bases, qui en mélange avec l'argile de surface donne lui-même un complexe argilo-humique, possédant un pouvoir tampon élevé. La décomposition des silicates est arrêtée, l'alumine est bloquée, seul le fer migre, on a un sol stable coloré en rouge brique par le fer.

Sur les pentes, la nappe phréatique est moins profonde, les bases sont plus aisément éliminées, l'humus est moins saturé, le complexe argilo-humique moins stable, l'alumine commence à migrer, le fer le fait plus aisément, et le profil s'éclaircit devient beige. Sur les faibles pentes il se produit un cuirassement, sur les pentes plus raides fer et alumine sont entraînés et ne se produit aucun cuirassement.

Dans les bas fonds, existe une forte végétation herbacée, qui se décompose en donnant de l'acide humique, production provoquée par des conditions anaérobies. L'humus acide entraîne la décomposition du complexe stable argilo-humique, le sable demeure en surface, l'argile donne en profondeur un horizon, gris par l'humus entraîné, de Gley.

Quand la forêt disparaît, les racines des Graminées remplaçantes n'arrêtent pas au passage les bases qui sont entraînées. Le fer migre vite, l'acidité étant augmentée, d'où la teinte beige, l'alumine se met à migrer. L'argile va également en profondeur, le sable demeurant en surface.

La latérite. La cuirasse latéritique de Boukoko appartient au type gravillons consolidés. L'épaisseur de cette carapace est assez faible de 1,5 m. à 3 m., très rarement elle atteint 4 m., rarement de même elle forme une cuirasse durcie. Sous la savane le durcissement n'est guère plus marqué que sous la forêt.

L'érosion. Elle est très prononcée à Boukoko. Dès maintenant, après quelques années de culture, il existe une différence de niveau de 10 cm. entre les chemins et les sols voisins couverts de végétation. L'érosion en goulets est encore faible, mais uniquement parce que la surface défrichée est elle-même réduite. L'érosion en nappe est plus importante : ainsi les parcelles plantées en caféiers sont déjà à un niveau inférieur à celui de la forêt environnante, et ce sur des terrains.

dont la pente est inférieure à 4 %. L'humus de surface disparaît, le complexe argilo-humique se détruit, le sol perd sa structure, sa porosité. L'A. souligne ensuite la nécessité de se conformer aux règles de culture admises dans les pays tropicaux : ne pas mettre en culture les terrains à forte pente, sur les autres cultiver suivant les courbes du niveau, établir des drains aveugles, couvrir le sol.

Dans une deuxième partie de son étude, la partie agricole, l'A., après avoir rappelé les données classiques sur les effets de la déforestation, donne le conseil habituel de remplacer la forêt de Boukoko par des cultures arborées ou arbustives. Il distingue dans les sols beiges de savane plusieurs catégories :

les savanes à sissongo (*Pennisetum purpureum*) ou herbe à éléphant, dont le sol est encore fertile, profond et proche du sol forestier rouge, elles ne brulent pas ;
les savanes à *Panicum maximum* ou herbe de Guinée d'une fertilité moindre, que les feux parcourent, qui peuvent à la rigueur être mises en culture ;
les savanes à *Imperata cylindrica* sans valeur culturale.

Les sols beiges de pente, aussi fertiles que les sols rouges, doivent être mis en culture de façon à ce que toute érosion soit empêchée.

Dans les derniers chapitres de son étude : aptitudes culturales et méthodes culturales, assolements, régénération des sols de savane, l'A. énumère les moyens connus ou à l'étude en vue de maintenir la fertilité des sols formés sur place dans les régions tropicales.

BIOLOGIE DES PLANTES CULTIVÉES

Chimie végétale

6-115

Balansart (J.) Bernard (P.). — **Notes pratiques de chimie végétale.** *Médecine Tropicale*, Marseille, 1950 (nov.-déc.), p. 933-1038.

En bibliographie, sont indiqués les ouvrages de base, français et étrangers.

Cet article groupe, sous une forme simple, des connaissances souvent éparses, touchant particulièrement à l'extraction et à l'isolement des principes naturels des végétaux.

Physiologie végétale

6-116

Castagnol (E.), Pham Gia Tu. — **Etude des textiles du Nord de l'Indochine.** *Archives Institut Recherches agronomiques Indochine*, Saïgon, nº 6, 1950, 35 p., phot., tableaux.

Durant la guerre, les A. ont étudié la possibilité d'utiliser les textiles spontanés indigènes, pouvant servir en tant que succédanés du jute, ainsi que plusieurs Urticacées susceptibles d'être utilisées comme la ramie. Parmi les premiers *Mallotus apelta* a été reconnu comme particulièrement intéressant.

La ramie et la préparation de sa fibre ont été d'abord étudiés. Préparation du fil, influence de la fumure sur la plante et sur la fibre. Les A.A. ont comparé en pots :

la terre seule,
la terre + des feuilles séchées et moulues de *Tephrosia*,
la terre + les feuilles + CO^3Ca,
la terre + les feuilles + CO^3Ca + SO^4K^2, ils ont déterminé l'influence sur le diamètre et la longueur des fibres.

Les ions Ca^{++} réduiraient le diamètre des fibres, l'engrais vert l'augmenterait. CO^3Ca augmenterait la longueur des fibres, SO^4K^2 la diminuerait. Des Urticacées, le *Pouzolzia viminea* présenterait un certain intérêt,

6-117

Efectos de la sombra y de otros factores en el transplante de cafetos del almacigal al criadero (Effets de l'ombrage et des autres facteurs sur la transplantation du caféier de la couche de germination à la pépinière). *Turrialba*, Costa-Rica, 1951 (janvier), p. 140-3, 2 photos, 7 tableaux.

Le programme de recherches de l'Institut Interaméricain des Sciences Agricoles sur le café couvre les divers problèmes concernant la culture du caféier, les études économiques sur les crédits hypothécaires aux caféiers et les recherches sur les procédés d'amélioration de la production. Actuellement, les travaux entrepris par la division de phytotechnie concernent : la nutrition, particulièrement le cycle de l'azote et l'accumulation des hydrates de carbone ; la reproduction végétative par boutures et greffes ; les essais en champ sur les effets de l'ombrage ; l'amendement des terres ; les méthodes de taille ; les intervalles de plantation, etc... ; la sélection des races ; les recherches sur les maladies, spécialement, l'*Omphalia* et le *Cercospora* et sur des fléaux tels que la cochenille de la racine. Dans la présente note, seront relatés les résultats de quelques expériences agronomiques effectuées en vue de rechercher les meilleures conditions pour la mise en place des caféiers, de la couche de germination à la pépinière.

Pour la préparation des pépinières de caféiers on emploie des techniques diverses, qui varient suivant la tradition régionale. Les types d'ombrages, l'état de développement des jeunes plants, la profondeur de la mise en place, et l'époque à laquelle celle-ci est effectuée suivant les pluies, sont tous des facteurs, qui varient non seulement de pays à pays, mais aussi de région à région, et qui affectent considérablement la réussite de la transplantation.

Pluies a Turrialba durant les mois des essais

Mois	1947	1948
Janvier	—	174,8 mm.
Février	—	169,4
Mars	—	147,8
Avril	—	108,2
Mai	—	320,5
Juin	375,4 mm	146,8
Juillet	149,4	167,6
Août	197,4	197,6
Septembre	203,7	259,8
Octobre	279,9	180,8
Novembre	146,8	126,0
Décembre	119,4	130,6

Type d'ombrage et états végétatifs des plants
(Nombre de pertes)

Stade végétatif des plants	Ombrage artificiel	Ombrage par *Cajanus cajan*	Ombrage par *Ricinus communis*	Total
Abejon	48	368	236	652
Copita	22	406	296	724
Total par types d'ombrage	70	774	532	

Pour la transplantation de la couche de germination à la pépinière, on utilise principalement des plants à deux stades de croissance : celui de « abejon », quand les feuilles cotylédonaires sont encore enfermées dans l'enveloppe de la graine et celui de «copita» c'est-à-dire quand ces feuilles se sont développées, mais avant l'apparition des feuilles véritables.

Dans les essais qui sont exposés plus loin, on compare quatre types d'ombrage, trois stades de la plante et deux profondeurs de plantation,

Trois essais ont été effectués à des époques différentes à l'Institut Interaméricain des Sciences Agricoles, à Turrialba. Le premier de ceux-ci ne fut pratiqué qu'à titre d'essai sur trois types d'ombrage et à deux stades de la plante. Les deux autres ont été exécutés en opérant par parcelles subdivisées. Les parcelles principales étaient constituées par quatre types d'ombrage divers en quatre répétitions. Dans celles-ci on a essayé trois états de la plante à l'époque de la transplantation, et deux profondeurs de plantation. Un de ces essais a été fait à l'époque la moins humide et l'autre à la plus humide.

Le premier essai a été pratiqué de juin 1947 à janvier 1948. Au cours du deuxième essai, on a effectué la transplantation à l'époque la moins humide (troisième semaine de février 1948), le troisième dans la saison très humide (première semaine d'août 1948). Ces deux essais ont occupé les mêmes installations d'ombrage.

Dans les deux derniers essais, les parcelles principales étaient occupées par quatre types d'ombrage différents : artificiel, *Ricinus communis*, de feuilles sèches de *Carludovica palmata* et sans ombrage. Leur localisation ne fut tirée au sort que pour le deuxième essai. On laissait les mêmes parcelles pour le troisième essai. Dans chacune des parcelles dans lesquelles on pratiquait les traitements principaux, on a essayé les plantes à trois stades : abejon, copita et copita avec la première paire de feuilles véritables, ainsi que deux profondeurs de transplantation : normale et profonde. A cette dernière, les jeunes plants, quel que soit leur stade végétatif, étaient plantés de façon à ce que l'abejon ou les feuilles cotylédonaires restent en contact avec le sol.

Chaque parcelle principale était constituée par six rangées de vinq-cinq plants, ce qui en quatre répétitions donne un total de six cents plants pour chaque traitement principal. Chacune de ces rangées correspondait à un des six sous-traitements.

Pendant toute la durée de l'essai, on a relevé des observations sur la croissance, les attaques de maladies, ainsi que les mesures et les nombres afférents à : la hauteur de chaque plant, la quantité de feuilles réelles, la vigueur, les maladies et quantité de plants déficients. Pour le troisième essai, on a semé à nouveau du *Ricinus communis*, sans s'occuper des plantes provenant de l'essai antérieur, pendant la croissance des nouveaux plants.

Le tableau ci-dessus résume les résultats du premier essai. Les avantages de l'ombrage artificiel sur les deux autres y sont mis en relief. Il faut tenir compte de ce que ni le *Cajanus cajan*, ni le *Ricinus communis* n'ont protégé les plants avant plusieurs mois, bien qu'ils aient été semés dans le but précis de pouvoir donner de l'ombre dans les mois de sécheresse relative.

Le nombre de pertes qui se sont produites sous l'ombrage artificiel ne constitue qu'une petite fraction du nombre de celles, qui se sont révélées sous les deux autres ombrages. C'est ainsi que l'ombrage artificiel oppose 70 pertes aux 774 du *Ricinus communis* et 532 du *Cajanus cajan*. Par contre les deux stades végétatifs de la plante ne paraissent pas exercer une grande influence. Sous l'ombrage artificiel, le stade « copita » accuse moins de déficiences, mais sous les deux autres ombrages, c'est l'inverse.

Deuxième et troisième essais. Effets de l'ombrage, de l'état de développement des plantes, de la profondeur de transplantation
(Nombre de pertes)

Profondeur de plantation	Stades végétatifs des plants	Types d'ombrages								Total des stades végétatifs des plants	
		Ombrage artificiel		*Ricinus communis*		*Carludovica palmata*		Sans ombrage			
		II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Normale	Abejon	6	22	80	10	59	7	88	3	233	42
	Copita	10	23	73	17	29	29	97	84	209	153
	Copita avec feuilles	18	14	55	15	41	34	88	89	202	152
Profonde	Abejon	9	12	70	15	28	11	72	13	179	51
	Copita	14	19	75	8	61	47	98	99	278	173
	Copita avec feuilles	12	6	71	7	19	36	91	92	193	141
	Total des types d'ombrage	69	96	424	72	237	164	534	380		

Différences significatives à 5 % :
Chiffres intérieurs Essai II 17,50
Chiffres intérieurs Essai III 18,78
Total des types d'ombrage Essai II 34,55
Total des types d'ombrage Essai III 19,07

Deuxième et troisième essais. Actions réciproques : ombrage × stade végétatif
(Nombre de pertes)

Stades végétatifs des plants	Types d'ombrages								Total des stades végétatifs des plants	
	Ombrage artificiel		*Ricinus communis*		*Carludovica palmata*		Sans ombrage			
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Abejon	15	34	150	25	87	18	160	16	412	93
Copita	24	42	148	25	90	76	195	183	457	326
Copita avec feuilles	30	20	126	22	70	70	179	171	395	293

Différences significatives à 5 % :
Entre chiffres intérieurs, Essai II 24,71
Entre chiffres intérieurs, Essai III 26,56
Entre totaux de types d'ombrages, Essai II 34,55
Entre totaux de types d'ombrages, Essai III 19,07
Entre totaux des stades végétatifs, Essai II 49,48
Entre totaux des stades végétatifs, Essai III 53,58

Deuxième et troisième essais. Action réciproque : ombrages × profondeur de plantation

(Nombre de pertes)

Types d'ombrages	Profondeur de la plantation			
	Normal		Profond	
	II	III	II	III
Ombrage artificiel	34	59	35	37
Ricinus communis......	208	42	216	30
Carludovica palmata ...	129	70	108	94
Sans ombrage	273	176	261	204
Total des profondeurs ..	644	347	620	365

Les résultats des deux autres essais sont résumés dans les tableaux ci-dessus.

Si l'on veut avoir une meilleure compréhension des résultats expérimentaux, il est préférable de se référer aux tableaux qui correspondent aux actions réciproques. Le dernier tableau qui reproduit les résultats de l'analyse de variance indique que l'effet le plus notable est celui de l'ombrage. Dans les deux essais cet effet atteint une signification supérieure au niveau de 1 %. Au tableau (ombrage × stade végétatif) dans la rangée des totaux, nous voyons, en ce qui concerne les effets des ombrages, que les chiffres afférents aux pertes de plantes ne sont que 69 pour l'ombrage artificiel contre 424, 237 et 534 pour les trois autres types d'ombrages du deuxième essai.

Par contre, le troisième essai donne des valeurs similaires pour l'ombrage artificiel et le *Ricinus communis* et accuse des pertes élevées pour le *Carludovica palmata* et sans ombrage. Ceci s'explique par le fait que le troisième essai a occupé le même terrain que le second, sur lequel on avait laissé les *Ricinus communis*, qui s'y étaient développés, pendant que croissaient ceux que l'on avait semés pour cet essai. L'ombrage du *Ricinus communis* a protégé les plants dès le premier instant de la transplantation. De plus, comme cet essai a été transplanté au cours d'un mois pluvieux, le *Ricinus communis* n'a pas eu à disputer l'humidité aux jeunes plants de café.

Deuxième et troisième essais. Action réciproque : profondeur de plantation × stade végétatif

(Nombre de pertes)

Stades végétatifs	Profondeur de plantation				Total des stades végétatifs	
	Normal		Profond			
	II	III	II	III	II	III
Abejon	233	42	179	51	412	93
Copita	209	153	248	173	457	326
Copita avec feuilles .	202	152	193	141	395	293

Il ressort de l'examen des trois essais que l'ombrage est le principal facteur du succès d'une pépinière. Compte tenu de ce que les quatre répétitions de chaque traitement d'ombrage comportent six cents plants, des pertes de l'ordre de 534 ou 381 plants, comme il s'en est produit au cours du deuxième et troisième essai dans le traitement sans ombrage, indiquent l'échec de ce traitement. Il est évident que, pour aussi bonnes que puissent être les conditions dans lesquelles la transplantation s'effectue, il faut s'attendre à des pertes s'élevant à au moins 10 à 15 % des plants.

Des autres facteurs examinés, c'est-à-dire la profondeur et le stade végétatif des plants au moment de la transplantation, ce dernier peut avoir une importance relative. Au cours du deuxième essai, tableau (ombrage × stade végétatif), les pertes totales au stade « copita » arrivent à être nettement supérieures à celles de « copita avec feuilles ». Par contre, dans le troisième essai le stade « abejon » accuse peu de pertes et présente une nette supériorité sur les deux autres qui ne sont pas très différents entre eux.

Deuxième et troisième essais : Résultats de l'analyse de la variance

Facteurs analysés	Valeurs de F obtenues		Valeurs de F	
	II	III	1 %	5 %
Ombrage	60,06	91,79	6,99	3,86
Profondeur de plantation	—	—		
Stade de végétation	3,38	45,03	4,98	3,15
Ombrage × profondeur ..	—	2,48	4,13	2,76
Ombrage × stade végétatif	3,09	24,05	3,12	2,25
Profondeur × stade végétatif	7,06	—	4,98	3,15
Profondeur × stade végétatif × ombrage	3,36	—	3,72	2,25

Si nous considérons, maintenant, l'action réciproque de (ombrage × stade végétatif), nous voyons que la haute signification atteinte au troisième essai est due au fait que dans des conditions favorables d'ombrage, les trois stades végétatifs donnent des résultats similaires. Mais dans des conditions défavorables de l'ombrage c'est le stade « abejon », qui se révèle supérieur, c'est-à-dire qu'il paraît donner aux plants la plus grande résistance à des conditions adverses.

L'effet de la profondeur de plantation est le moins important. Au tableau (ombrage × profondeur de plantation), les totaux pour la partie normale et la partie profonde se ressemblent beaucoup pour les essais II et III. L'examen des chiffres partiels ne révèle pas d'effet de la profondeur sur les différents types de plantation. Le tableau suivant n'accuse pas non plus d'action sur les divers stades des plants.

L'examen des précipitations pluviométriques, durant les périodes au cours desquelles les trois essais ont été réalisés, montre qu'elles n'ont pas paru altérer les résultats. C'est pendant la transplantation pour le premier essai que se sont produites les précipitations les plus importantes : le mois de juin 1947 a été extraordinairement pluvieux (375,4 mm.). Par contre, la transplantation pour le deuxième essai a eu lieu au cours d'un mois de précipitations moyennes (169,4 mm.) suivi de périodes, relativement sèches. Dans le troisième essai, la transplantation a été effectuée au cours d'un mois un petit peu plus pluvieux (197,6 mm.), suivi de deux mois pluvieux. En ce qui concerne l'ombrage, les résultats sont concordants pour les trois essais. Il semble que l'effet de la pluie puisse affecter les différents stades végétatifs. Le premier et le deuxième essai ont accusé un meilleur résultat, au stade « abejon », en période de fortes pluies, et le deuxième a, comme on a pu le voir, accusé sa supériorité dans les conditions d'ombrage déficient.

6-118

FRANCO (C. M.) et MENDES (H. C.). — **Sintomas de deficiencias minerais no caffeiro** (Symptômes des déficiences minérales du caféier). *Bragantia*, Campinas, 1949 (sept. à déc.), p. 165-73, nombreuses gravures, cinq planches en couleurs montrant les principales déficiences alimentaires du caféier, bibliographie de dix références.

INTRODUCTION

On fait grand usage de la culture en solutions nutritives pour les études sur la nutrition des plantes,

Celle-ci constitue, sans aucun doute, une méthode sûre et qui offre le plus de possibilités. Les facteurs, qui influencent l'apport des éléments minéraux contenus dans le sol, sont complexes et multiples, nombre d'entre eux sont encore mal connus, ce qui rend impossible un contrôle efficace du milieu. Dans une solution nutritive, on peut être maître, avec une plus grande précision, des quantités et proportions de chaque élément disponible pour les plantes, leur forme chimique, l'acidité du milieu, etc... Par cette méthode, l'étude des phénomènes de la nutrition végétale devient plus facile et plus sûre. Il en est de même pour les symptômes manifestés par les plantes par suite de la déficience ou de l'excès des éléments minéraux.

Les études de cette nature sur le caféier sont rares. Nous nous y référerons lors de la discussion sur les résultats obtenus. La connaissance des symptômes de déficience obtenus artificiellement avec des solutions nutritives est d'une grande utilité pour l'identification des déficiences minérales du sol en culture. Toutefois, on ne doit pas exagérer au point de les utiliser comme seul guide dans la pratique des fumures, car il arrive fréquemment que les plantes réagissent aux engrais avant même que les symptômes caractéristiques, dont nous traiterons plus loin, ne soient visibles.

Matériels et technique expérimentale

Des semences de *Coffea arabica* L. var. *Bourbon* (B. Rodr.) Choussy ont été semées dans du sable de rivière, le 21 octobre 1946, et, dès que les seedlings présentèrent des cotylédons, alors que la première paire de feuilles véritables commençait son développement, ils furent transférés dans une solution nutritive complète de Hoagland, le 4 janvier 1947. Cette solution a été adoptée après essai de plusieurs solutions nutritives, comme étant celle qui a donné les meilleurs résultats.

Selon J. C. Jacob le caféier serait peu exigeant en phosphore, aussi la solution contenait à peine un tiers de la quantité de KH_2PO_4 préconisée par la formule originale. La composition de la solution initiale a donc été la suivante :

	gramme/litre
	—
KNO_3	0,506
$Ca(NO_3)_2$	0,590
$MgSO_4$	0,250
KH_2PO_4	0,022
H_3BO_3	0,001
$MnCl_3$	0,0005
Fe	0,005

L'essai a été pratiqué dans des récipients en verre neutre, d'une capacité de un litre, pourvus d'un dispositif pour l'aération continue des solutions par un bouillonnement d'air provenant d'un compresseur.

Les récipients ont été badigeonnés extérieurement avec de l'encre noire, afin d'empêcher le passage de la lumière. Sur cette couche d'encre, on a appliqué de l'émail blanc, qui, en reflétant la lumière incidente, limite suffisamment le réchauffement de la solution nutritive à l'intérieur des récipients.

Les récipients ont été placés à l'intérieur d'une serre vitrée. L'emplacement des différentes séries de récipients a été souvent changé, afin d'éliminer les effets continus d'un facteur quelconque, et principalement celui de l'éclairage, sur une seule série ou sur quelques séries seulement. Pour faciliter la préparation des solutions nutritives on s'est servi de solutions concentrées des sels employés. En conséquence, les solutions nutritives ont été préparées en prenant un volume déterminé de solutions concentrées et en le diluant dans de l'eau distillée, jusqu'à la concentration désirée. On a toujours utilisé des sels purs servant aux analyses.

Le fer a été ajouté dans la proportion de 5 p. p. m., au début sous forme de citrate. Plus tard, on s'est servi de citrate de fer ammoniacal ainsi que de sulfate ferreux. Lorsqu'on a employé ce dernier produit, on a interrompu l'aération des solutions pendant deux jours, afin de retarder son oxydation. Pour éliminer l'azote des solutions d'une série de plantes on a utilisé du sulfate ferreux ou du citrate non ammoniacal comme source de fer. De même, dans la série sans soufre, on ne s'est pas servi de sulfate, mais de citrate.

Le pH n'a pas été contrôlé artificiellement au cours de l'essai. Il a oscillé principalement entre 5,8 et 7,2.

Le caféier absorbe difficilement le fer dans un milieu, dont le pH est proche de 7,0 en présence de phosphore. Pour tourner cette difficulté on a procédé selon une technique décrite dans l'ouvrage de Franco et Loomis, qui consiste à ne pas mettre de phosphate dans les solutions nutritives pendant quelques jours, et ce, jusqu'à ce que les plantes soient rétablies de la chlorose du fer.

Pour commencer on a mis deux seedlings dans chaque récipient. Au bout d'un mois, le lot a été homogénéisé. Les plantes présentant un développement trop inférieur ou supérieur à la moyenne, environ 11 cm. de haut, ont été rejetées, de façon à ne laisser qu'une seule plante par récipient.

Après être demeurés trois mois et demi dans la solution nutritive complète, les seedlings ont été répartis en dix séries de trois plantes chacune. Une série a été laissée dans la solution complète avec aération, une autre en solution complète sans aération. Les autres séries ont été mises, respectivement, en solution nutritive avec aération, mais sans un des éléments, dont on désirait connaître les symptômes caractéristiques de déficience, c'est-à-dire : N, P, K, Mg, Ca, S et Fe.

Les solutions nutritives employées pour l'obtention des symptomes de déficience ont été celles de Hoagland et Arnon dont les formules sont condensées au tableau ci-dessous :

Composition chimique des différentes solutions nutritives employées pour l'obtention des symptômes de déficience minérale des jeunes caféiers.

Solutions combinées	Composition par litre, des solutions nutritives					
	Sans N	Sans P	Sans K	Sans Mg	Sans Ca	Sans S
	ml	ml	ml	ml	ml	ml
0,5 **N** K_2SO_4 ...	5			3		
N Mg SO_4	2	2	2		2	
0,05 **N** Ca $(H_2PO)_4$	10		10			
0,01 **N** Ca SO_4 ...	200					
N Ca $(NO_3)_2$......		4	5	4		4
N K NO_3		6		6	5	6
N KH_2PO_4				1	1	1
N $Mg(NO_3)_2$						2

Au début, les solutions nutritives étaient renouvelées toutes les trois semaines. Au fur et à mesure que les plantes croissaient, les substitutions se faisaient à une plus grande fréquence, jusqu'à devenir hebdomadaires. On a retiré, le 31 janvier 1947, le phosphore de la solution nutritive d'une des séries avant deux autres éléments en raisons de l'affirmation de l'ouvrage de Jacob, qui indique le caféier comme étant peu exigeant de cet élément. Mais comme les résultats obtenus n'ont pas concordé avec cette conclusion de Jacob, on a retiré le phosphore d'une autre série, le 16 avril 1947, alors qu'on retirait également les autres éléments mis à l'étude.

Résultats obtenus

Observations générales

Il n'a pas été possible d'arriver à une conclusion définitive, en ce qui concerne l'avantage de l'aération continue de la solution nutritive pour les jeunes caféiers. Ceci, parce que le compresseur à air employé n'a pas fonctionné avec toute la régularité voulue, en raison de sa faible pression.

On n'a pas observé de différence appréciable entre les systèmes radiculaires de la série avec aération et ceux de la série sans aération, bien que cette dernière n'ait pas été aérée depuis le transfert des seedlings dans la solution nutritive. Les parties végétatives des deux séries ont présenté un développement identique. Par conséquent, ceci semble indiquer que l'aération n'est pas indispensable au développement du jeune caféier, dans un milieu liquide, et corrobore la conclusion à laquelle est arrivé JACOB. Dans l'essai précédent, fait avec des solutions nutritives diverses, on a pu constater que la présence de NH_4NO_3 dans la solution provoquait une absorption excessive d'azote par le caféier. Dans ces conditions, les feuilles commencent à se développer beaucoup plus dans le sens de la longueur que dans celui de la largeur, au point qu'elles sont à peine reconnaissables en tant que feuilles de *C. arabica*. Plus tard, elles atteignent une conformation normale, mais demeurent de taille excessivement grande et ont une texture douce au toucher. Au bout de quelques mois, les seedlings flétrissent et meurent. Il semble que ce soit la conséquence d'une transpiration excessive, dépassant l'absorption d'eau, et due à une superficie foliaire exagérée.

La grande facilité avec laquelle le radical NH_4 est absorbé, fait que le pH de la solution baisse, en raison de l'accumulation du radical NO_3 dans la solution.

Comme il a été dit précédemment, le caféier absorbe mal le fer des solutions nutritives complètes, par conséquent contenant du phosphore, quand leur pH n'est pas suffisamment bas, ce qui est confirmé par la facilité avec laquelle il montre les symptômes caractéristiques de déficience en cet élément. C'est probablement pour cette raison que le caféier est considéré comme une plante qui « préfère » un milieu acide, avec un pH entre 4,2 et 5,1. En procédant suivant la technique décrite plus haut, qui consiste à ne pas mettre, de temps à autre, de phosphate dans la solution, pendant quelques jours, les plantes se développeront normalement dans des solutions avec un pH généralement compris entre 5,8 et 7,2. Cette technique est beaucoup plus simple que le contrôle de pH de la solution nutritive.

Développement des plantes témoins

Les plantes témoins, qui ont végété dans une solution nutritive complète durant tout le cours de l'expérience, ont bénéficié d'un développement parfaitement normal en ce qui concerne la croissance de toutes leurs parties et la coloration des feuilles, qui était vert foncé, caractéristique du caféier bien nourri.

Déficience en azote

Les plantes ont subi un retard profond dans leur développement, par suite du manque d'azote. Le développement des racines a été moins touché que celui des parties aériennes, donnant ainsi naissance à un système radiculaire plus développé comparativement à celui de la partie aérienne. Il n'y a pas eu de différenciation des bourgeons latéraux pour la production de branches. Les plantes étaient uniquement constituées par la tige principale et ses feuilles. Celles-ci présentaient une chlorose uniforme du limbe, caractérisée par une coloration jaune citron terne. Cette chlorose était uniforme sur toute la plante, c'est-à-dire que toutes les feuilles d'une même plante avaient approximativement la même couleur. Sur les plantes cultivées dans le sol, l'uniformité de ce symptôme n'est pas toujours aussi net, car la teneur du sol en azote n'est pas aussi homogène que celle de la solution nutritive. De ce fait, les racines, qui se développent dans une partie du sol plus riche en azote, l'absorberont en plus grande quantité, et comme la translation latérale des éléments à l'intérieur de la plante est très lente, certaines parties paraissent plus chlorotiques que d'autres.

Déficience en phosphore

Dans les deux séries de plantes, qui ont végété en solution nutritive sans phosphore, la croissance des caféiers a été réduite au minimum, pratiquement palysée, peu de temps après l'omission de cet élément, les plants ont présenté, par la suite, des symptômes caractéristiques. En effet, deux semaines après l'omission du phosphore, on notait déjà une coloration jaune bronzé très légère. Deux mois plus tard, les taches nécrotiques des limbes étaient visibles. Les symptômes apparaissent à partir des feuilles inférieures, qui tombent peu à peu. Les taches se trouvaient inégalement réparties sur la surface des feuilles, qui étaient de dimension inférieure aux normales. Les racines présentaient une couleur foncée. A un stade avancé de déficience, il restait à peine quelques feuilles à la partie supérieure.

On a ajouté du phosphore dans la solution d'une plante, qui présentait des signes aigus de déficience en cet élément. La réaction de la plante a été immédiate et complète. La partie aérienne s'est entièrement reconstituée et de nouvelles racines ont surgi en abondance.

Les résultats, que nous avons enregistrés, sont en complet désaccord avec ceux obtenus par JACOB. Cet auteur n'a enregistré aucun de ces symptômes de déficience dans ses essais de culture en solution nutritive.

La raison qui motive ces résultats doit résider dans le fait que JACOB a utilisé la solution de SHIVE, qui contient une grande quantité de phosphore. En effet, la teneur en phosphore de cette solution est environ cent dix fois supérieure à celle de la solution, que nous avons employée. Dans ces conditions les plantes ont pu, au cours de la période initiale de l'essai, alors qu'elles se développaient dans la solution nutritive complète, absorber du phosphore en excès. Cet excès aura été suffisant pour permettre le développement ultérieur dans la solution sans phosphore.

TANADA, travaillant avec une solution nutritive, a conclu que la déficience en phosphore produit une accumulation d'azote dans la plante. Il n'a noté aucun symptôme foliaire de déficience en phosphore. On doit attribuer cette conclusion au fait que cet auteur a mis un terme à ses essais, à peine six semaines après l'omission de phosphore dans la solution nutritive son objectif principal n'étant pas d'obtenir des symptômes foliaires. De plus, il a employé une solution nutritive contenant deux fois plus de phosphore que celle dont nous avons fait usage. Le volume de solution, dont disposait chaque plante, était également deux fois plus fort que le nôtre ; ce qui correspond à une quantité de phosphore environ quatre fois supérieure à celle que nous avons employée.

Les résultats que nous avons obtenus, en ce qui concerne la réaction du caféier au phosphore, sont en accord avec la littérature et les observations se référant aux cultures permanentes. C'est ainsi que NIKLAS et SCHROPP, au cours d'expériences en pots, ont conclu que les plantes, auxquelles on donnera du P_2O_5, présenteront une croissance plus exubérante. CAMARGO a également conclu de ses expériences en pots, que le phosphore est l'élément dont l'influence est la plus évidente sur le développement du caféier. De plus, dans nos sols, pauvres en phosphore, le caféier réagit promptement à l'application de cet élément.

Déficience en potasse

Les plantes, qui ont végété dans une solution nutritive privée de potasse, ont présenté un bon développement. Ce n'est que dans les huit mois, qui ont suivi la suppression de cet élément, que les symptômes sont apparus avec netteté. Ceci est probablement dû au fait qu'elles ont absorbé de la potasse en excès alors qu'elles végétaient dans la solution complète.

Les symptômes typiques progressifs de la déficience sur les feuilles se sont d'abord manifestés par une coloration jaune roussâtre sur la marge des feuilles. Cette coloration s'est transformée en taches rousses, très nettes et irrégulières, qui plus tard devinrent nécrosiques. Les symptômes se sont d'abord précisés sur les feuilles les plus vieilles attenantes à la tige. Ils coïncident parfaitement avec ceux décrits par les différents auteurs. Le développement des racines a été mauvais.

Déficience en magnésie

Dans la solution nutritive privée de magnésie les plantes se sont développées normalement pendant une très longue période. Le premier symptôme observé a été une chlorose irrégulière du limbe des feuilles inférieures attenantes à la tige. Au fur et à mesure que cette chlorose s'étendait, les feuilles se détachaient de la plante. Ces symptômes progressaient, à partir des feuilles inférieures, vers les plus récentes. A la fin de l'essai, quatorze mois après l'omission de la magnésie dans la solution nutritive, les plantes avaient déjà perdu toutes les feuilles attenantes à la tige et à la base des rejetons. Il ne restait que les feuilles les plus jeunes des sommets.

Déficience en calcium

Après le transfert des caféiers dans la solution privée de chaux, le développement de ceux-ci a été pratiquement paralysé. Au bout de quelques semaines, le bourgeon terminal devenait roussâtre et, mourait de suite après. Les feuilles se sont incurvées vers le bas formant un angle aigu avec la tige. Ceci est probablement dû à la formation insuffisante de pectate de chaux, qui constitue l'élément de rigidité des pétioles. Dès l'apparition des symptômes, les pointes des racines sont mortes. Par la suite, les feuilles les plus récentes présentèrent une chlorose, plus intense sur les marges, qui progressait peu à peu, envahissant tout le limbe. Au fur et à mesure qu'elle avançait, elle prenait une couleur brun-cuivré.

Les feuilles les plus vieilles ont été les dernières à manifester les symptômes décrits ci-dessus. La mort des racines progressait parallèlement. A la fin, toute la plante mourait, sans que cependant les feuilles tombent.

Déficience en soufre

Cinq mois après la suppression du soufre dans la solution nutritive, les plantes présentaient une légère chlorose des feuilles les plus jeunes. Entre-temps, au lieu de mettre le fer sous sa forme habituelle dans la solution, on a, par inadvertance, mis du sulfate ferreux. La réaction des plantes s'est traduite par la disparition de la chlorose au bout de quelques jours.

Omettant, par la suite, d'ajouter le soufre dans la solution nutritive, les plantes présentèrent à nouveau, au bout de quelque temps, le symptôme caractéristique de cette déficience, qui se traduit par une chlorose typique (jaune citron) des feuilles les plus jeunes. Toutefois celles-ci demeurent turgescentes avec le lustre caractéristique des feuilles nouvelles.

Le développement des plantes a été pratiquement normal jusqu'à la fin des essais, c'est-à-dire quatorze mois après la suppression des éléments étudiés.

Déficience en fer

Le fer est un des éléments dont le symptôme de déficience est des plus constants parmi les plantes. Les symptômes observés sur le caféier ont été ceux qui sont généralement connus chez les autres espèces. Les feuilles ont présenté une chlorose du parenchyme, les nervures demeurant, toutefois, parfaitement vertes. C'est à peine si les parties des plantes qui sont apparues, après le transfert dans la solution sans fer, ont présenté des symptômes de déficience de cet élément. Les parties, qui avaient poussé dans la solution complète initiale, ont conservé un aspect normal, étant donné que le fer ne passe pas facilement entre les tissus. Dans ce cas, le développement a aussi été pratiquement normal.

Génétique

6-119

Pichel (R. J.). — **Premiers résultats en matière de sélection précoce chez l'hévéa.** *I.N.E.A.C.*, série technique n° 39, 1951, 43 p., fig., tabl., graphiques.

Les essais ont été effectués à Yangambi, ils sont au nombre de deux.

A. — Le premier essai se proposait les buts suivants :

a) Sélection. Recherche d'arbres-mères pour la création de nouveaux clones.
b) Etude de la valeur des descendances illégitimes de certains clones connus.
c) Sélection sur pépinière, valeur de certains tests et leur incidence sur la productivité.

Les arbres furent mis en place en 1939. Auparavant en pépinière on avait :

α) éliminé les sujets chétifs ;
β) effectué l'épreuve Testatex Cramer avec élimination des catégories 1 et 2, qui laissent sourdre le moins de latex ;
γ) effectué l'épreuve de concentration du latex *in situ.*

On opérait sur des arbres provenant de semences illégitimes d'arbres repérés à Yangambi ou d'arbres venant d'Extrême Orient : Av. 256, BD 5, Tj. 1, Av. 163 ou d'arbres autofécondés : Av. 152, Tj. 1.

Le champ fut mis en saignée de décembre 1942 à novembre 1944, il a produit 500 kg. de caoutchouc sec à l'ha, quand les arbres avaient de trois ans et demi à quatre ans et demi de mise en place, et 760 kg. quand ils avaient de quatre ans et demi à cinq ans et demi. La croissance des arbres saignés n'a été inférieure que de 20 % à celle des arbres non saignés.

Seules quelques familles présentent une relation entre la vigueur des sujets et la classification Testatex.

Aucune relation n'a été constatée entre la classification Testatex et celle de la concentration du latex *in situ.* De même entre la vigueur et la concentration du latex *in situ,* sauf une exception.

La sélection Testatex s'est traduite par une productivité accrue, parfois tardive, des sujets de la catégorie supérieure.

Aucune corrélation entre la vigueur et la productivité dans deux descendances étudiées.

Il existe des corrélations entre le développement des troncs et l'épaisseur de l'écorce.

B. — Dans le deuxième essai, on a opéré sur des descendants illégitimes de Tj. 1, et des autofécondés Tj. 1.

On a planté en plantules et en stumps pour des Tj. 1 autofécondés et des hybrides Tj. 1 × Tj. 16.

Les objectifs de l'essai étaient :

a) comparaison de la valeur des deux descendances de Tj. 1, les légitimes ou autofécondés et les illégitimes ;
b) comparaison entre deux modes de sélection en pépinière : la vigueur et la classification Testatex.

Les plants les plus vigoureux en pépinière le demeurent après la plantation. Les arbres classés les premiers par le Testatex sont généralement les plus vigoureux.

Les plants jugés les premiers par le Testatex sont les plus producteurs ; de même ceux jugés de productivité moyenne et ceux de faible productivité d'après le Testatex le sont également d'après l'épreuve de productivité.

La sélection d'après la vigueur tend à augmenter la productivité.

De l'ensemble de ces deux essais, l'A. conclut :

a) La sélection d'après la vigueur en pépinière des brins de semis d'hévéa permet de ne conserver que les arbres ayant la meilleure croissance et la plus forte productivité.
b) La méthode Testatex effectuée en pépinière permet chez certaines descendances clonales d'effectuer un choix remarquable.

On ne serait pas ainsi obligé d'avoir recours à la greffe, et l'on pourrait créer des plantations en mettant en place directement des plantules très nombreuses.

6-120

CARVALHO (A.), KRUG (C.A.). — **Genetica de *Coffea*. Hereditariedade da cor amarela da semente** (Génétique du *Coffea*. Hérédité de la couleur jaune de la semence). *Bragantia*, Campinas, 1949 (sept-déc.), p. 193-202, 1 fig., bibliographie de 7 références.

On ne peut pas dire avec exactitude en quel lieu de l'Etat de Sao Paulo le mutant « cêra » est apparu, pour la première fois. Des groupes de caféiers « cêra », en pleine production, ont été observés simultanément à Americo de Campos dans la zone Araquarense et à Pompéia dans la zone Alta Paulista, sans qu'il ait été possible de vérifier si les semences utilisées avaient la même origine. Etant donné la ressemblance existant entre les caféiers « cêra » et ceux de la variété « typica » (nacional), en ce qui concerne les cacactéristiques morphologiques et de production, il est naturel qu'ils se soient multipliés fortuitement dans ces plantations.

Libre de tout mélange avec d'autres semences vertes, le café « cêra » se présente sous un aspect très favorable, non seulement parce que ses semences ont une belle couleur jaune, mais aussi parce qu'il donne une boisson d'une bonne qualité. Mais quand le « cêra » est présenté en mélange avec du café ordinaire (vert), la qualité du produit subit une dépréciation dans son apparence.

Etant donné que c'était la première fois, que l'on rencontrait dans l'espèce *arabica*, un représentant avec des semences de coloration identique à celle des autres espèces du genre *Coffea*, on a, dès lors, procédé à une analyse dans le but de vérifier la nature génétique de ce mutant.

Les résultats observés sur les plantes « cêra » autofécondées démontrent que les caféiers utilisés étaient homozygotes pour cette caractéristique, et que les croisements de « cêra » avec des caféiers à semences vertes produisant des semences vertes indiquent l'occurrence d'un phénomène de xénie.

Ceci a été d'une grande utilité pour la détermination des tissus que forment la semence, ainsi que pour les études sur la biologie de la fleur de *C. arabica*.

Les données obtenues par les backcross, par les populations à la F2 et par le croisement de « cêra » avec des « verts », démontrent que le caractère « cêra » est déterminé par une seule paire de facteurs génétiques principaux et récessifs. A cet égard, on a proposé, lors du huitième Congrès International de Génétique, que le symbole du facteur génétique « cêra » soit **ce**. son allèle normal **CE**. C'est ainsi, que des plantes qui produisent des semences « cêra », sont de constitution **cece** et les plantes à semences vertes **CECE**. Quand les plants hybrides **CE ce** sont autofécondés, ils produisent des semences « vertes » et « cêra », dans la proportion théorique de 3 : 1 ; il s'ensuit que les endospermes de constitution **CECEce** et **CEcece** sont également verts, comme le sont ceux de constitution **CECECE**.

Antibiotiques et antivirus

6-121

BRYAN (P. W.), WRIGHT (M. J.) STUBBS (J.) et WAY (A.M.). — **Uptake of antibiotic metabolites of soil microorganisms by plants.** (Absorption des métabolites antibiotiques des microorganismes du sol par les plantes.). *Nature*, vol. 167, nº 4244, 1951 (3 mars), p. 347-9, bibliographie de 14 références.

La découverte d'une zone d'activité microbiologique accrue dans le sol adjacent aux racines des plantes : la rhizosphère a, au cours de ces dernières années, permis d'exploiter une des branches les plus fécondes dans le domaine de la microbiologie du sol. Trois procédés principaux ont été envisagés, compte tenu des relations complexes et intimes entre les microorganismes de la rhizosphère et les racines de la plante : *a*) faciliter le développement d'une microflore numériquement plus forte et qualitativement différente dans une partie du sol plus éloigné des racines, par la sécrétion d'éléments nutritifs solubles, ainsi que par l'élimination des tissus morts par les racines ; *b*) intensification des actions conjuguées, contraires et associables dans les groupes de microorganismes de la rhizosphère résultant du niveau élevé de l'activité microbiologique ; *c*) effets profitables ou nuisibles au développement des racines, par conséquent de toute la plante, par suite de l'activité des organismes de la rhizosphère.

De nombreux travaux expérimentaux ont été consacrés à l'influence de la racine sur la microflore, ainsi que sur les rapports entre les différents groupes de la microflore. L'action des organismes de la rhizosphère sur la plante n'a pas fait l'objet de recherches aussi poussées, sauf en ce qui concerne les cas, quelque peu spéciaux, de mycorrhizes, de bactéries des nodules radiculaires, de parasites fongiques des racines. On a avancé que les métabolites de la rhizosphère saprophytique, tels que les vitamines, auxines ou autres facteurs de croissance seraient susceptibles d'affecter le développement des racines des plantes. Cette assertion n'a pas encore reçu une confirmation expérimentale indiscutable, malgré que les récents travaux de CHESTERS et de STREET aient démontré que certaines substances organiques sont nécessaires au développement de diverses plantes.

Parmi les microorganismes, que l'on trouve communément dans la rhizosphère, il y a des espèces de bactéries, d'actinomycètes et de champignons susceptibles de produire des antibiotiques dans le sol ; mais dans certains cas les forces contraires d'un organisme, tel que le *Trichoderma viride*, paraissent être étroitement liées à la possibilité de produire des substances métaboliques antibiotiques. L'endroit le plus probable pour la production d'antibiotiques, en des conditions propres au sol, est la rhizosphère ainsi que le voisinage de particules des matières décomposables. Si les antibiotiques sont produits par des microorganismes de la rhizosphère, ils peuvent avoir une influence directe sur les racines des plantes ainsi que sur les microorganismes voisins et peuvent affecter non seulement ces racines, mais aussi, s'ils sont déplacés, avoir des conséquences importantes pour les parties aériennes de la plante. Certaines expériences basées sur cette manière de voir ont donné des résultats, qui nous paraissent d'un intérêt général suffisant pour justifier la publication d'un bref compte rendu, même au stade préliminaire de ces recherches.

Les travaux décrits ici ont été exécutés avec l'antibiotique **griséofulvine**. Le choix de cette substance a été conditionné par quatre considérations : 1° Elle peut être détectée spécifiquement et à faible concentration par un bio-essai, basé sur son unique effet sur la morphogénèse de certains champignons. 2° Elle est stable en solution aqueuse et plus stable que beaucoup d'autres antibiotiques dans le sol. Malgré qu'il se produise une dégradation biologique dans la glaise neutre, dans les sols stériles et dans certains sols acides elle est remarquablement tenace. 3° Bien qu'elle soit toxique pour les végétaux supérieurs, elle est moins toxique que d'autres antibiotiques que nous avons essayés. 4° Elle est produite par un champignon : *Penicillium nigricans* (BAINIER) THOM (= *P. Janczewskii* ZAL.), qui est abondant et largement réparti dans les sols vierges et cultivés, ainsi que par le *P. griseofulvum* DIERCKX (= *P. urticoe* BAINIER).

Absorption et pénétration de la griséofulvine

Des essais préliminaires pratiqués sur plusieurs espèces, il résulte que si l'on immerge des sections de pousses dans une solution aqueuse de griséofulvine (10 ou 100 µg./ml.) on peut détecter la griséofulvine dans les feuilles supérieures sept à quatorze jours après. En conséquence, des essais ont été entrepris pour déterminer si cette substance pouvait pénétrer dans les végétaux par le système radiculaire.

Des plants de laitue ont été élevés dans des bacs, en solution aqueuse de Pfeffer modifiée. Dès que les plants ont été bien développés, cette solution a été remplacée par une similaire contenant de la griséofulvine. Les témoins étaient placés dans une solution

nutritive courante. Examinés quatre semaines plus tard, les plants mis dans une solution de griséofulvine à 10 μg./ml. présentaient de l'atrophie des racines, sans autre dommage d'importance. Ceux qui avaient été placés dans une solution à 50 μg./ml. de griseofulvine présentaient de l'atrophie des pousses et des racines par rapport aux témoins. Des feuilles ont été broyées dans de l'eau distillée et le filtrat analysé pour recherche de la griséofulvine. Cette substance a été détectée dans les feuilles de plantes qui avaient poussé dans des solutions qui en contenaient, mais pas dans les feuilles des témoins.

Des plants d'avoine ont été élevés en culture aqueuse dans une serre froide. Là encore, dès que ces plants ont commencé leur développement, la solution nutritive a été remplacée, soit par une solution contenant 10 ou 50 μg./ml., soit par une solution sans cette substance. On a favorisé la sudation en mettant les plantes sous cloche de verre, pendant la nuit. Le liquide a été collecté et analysé pour recherche de griséofulvine. FROHBERGER a utilisé une technique similaire dans ses études sur le déplacement des insecticides systémic. On a trouvé qu'il était plus pratique de diluer ce liquide, avant l'analyse, dans une quantité égale de solution « milieu de germination » avec un pH 3,5, afin d'empêcher la multiplication rapide des bactéries et des protozoaires ciliés présents dans le liquide, qui par ailleurs gêneraient le développement normal du champignon servant au test : *Botrytis allii*. Sept jours après avoir placé les plantes dans les solutions de griséofulvine, de chaque concentration, on a retrouvé de la griséofulvine à une concentration de 0,1 à 1,0 μg./ml. dans l'exsudat. Les témoins n'en contenaient pas du tout. Ces résultats ont été confirmés les huitième, neuvième et quinzième jours. Il a été alors procédé au retrait de la solution nutritive, les racines ont été délicatement lavées, après quoi on a versé une solution nutritive fraîche, sans griséofulvine. De la griséofulvine a été retrouvée, pendant trois à quatre semaines, dans l'exsudat des plantes, qui avaient poussé dans des solutions contenant de la griséofulvine, indiquant ainsi qu'une certaine rétention avait eu lieu. Les plantes auxquelles on avait administré de la griséofulvine étaient atrophiées. Aux derniers stades de l'expérience, les feuilles étaient sérieusement atteintes par le « tip burn » (brûlures du bout).

Des plants d'avoine, en sol normal, ont été soumis à un traitement identique. La griséofulvine a été ajoutée en arrosant avec une solution à 50 μg./ml., après que les plants aient commencé leur développement. Une fois de plus, la griséofulvine est apparue dans l'exsudat, mais moins rapidement que dans les cultures en milieux aqueux.

Il semble n'y avoir aucun doute que la griséofulvine puisse passer dans les plantes par le système radiculaire et arriver, par conséquent, dans les feuilles.

La griséofulvine protecteur systémic contre les attaques des champignons

La griséofulvine a des propriétés fongistatiques marquées, bien qu'elle ne soit jamais fongicide dans le sens strict du mot. Nous avons été naturellement amenés à nous rendre compte si l'introduction de griséofulvine dans une plante en cours de croissance lui permettait de résister aux parasites fongiques. Au cours d'un essai préliminaire, des plants de laitue ont été élevés en culture aqueuse. Dès que ceux-ci ont commencé leur développement, ils ont été placés dans une autre solution nutritive contenant de la griséofulvine. Au bout de huit et de quatorze jours après leur transfert dans les solutions de griséofulvine, les plantes ont été vaporisées avec des spores de *Botrytis cinerea* en suspension (isolées sur des laitues malades) et grandies dans une atmosphère humide, pendant quarante-huit heures après chaque contamination. Au début, la maladie s'est développée lentement, mais quatre semaines après la contamination, il était facile de voir que l'infection s'étendait rapidement aux cultures témoins et beaucoup plus lentement aux plantes qui avaient poussé dans une solution de griséofulvine à 10 μg./ml. ou 20 μg./ml. Deux semaines plus tard tous les témoins étaient infectés et morts pour la plupart, alors que au moins 60 % des plantes traitées avaient échappé à l'infection du *Botrytis*.

Ces résultats encourageants nous ont amenés à entreprendre des essais, avec une technique plus exacte, aux laboratoires Hawthorndale, en utilisant de l'*Alternaria Solani* sur des tomates. Au cours de ces expériences, des tomates en pots, de la variété « Best of all », ont été élevées en culture sur sable. Les plantes traitées ont été arrosées ou pulvérisées chaque jour pendant quatre jours, avec 50 ml. d'une solution de griséofulvine, alors que les plantes témoins ne recevaient que de l'eau du robinet. De plus toutes les plantes ont été arrosées quotidiennement avec 50 ml. de solution nutritive. On s'est servi de trois plants pour chaque traitement. Le cinquième jour les plants ont été contaminés avec des spores de *A. Solani* en suspension aqueuse (25×10^3 spores/ml.). Cette suspension de spores a été appliquée avec un vaporisateur à angle droit opérant avec une pression de 3 lb. par inch². Pendant la vaporisation les plantes étaient tenues à la main afin que la surface des feuilles inférieures soit uniformément couverte. Les plantes ont été mises en atmosphère humide à 98-100 % pendant vingt-quatre heures, avant d'être remises en serre. Le nombre de lésions produites sur les vingt-cinq folioles principales des cinq feuilles inférieures de chaque plante ont été comptées deux jours plus tard.

Au cours des essais initiaux, l'emploi d'une suspension de griséofulvine à 500 μg./ml., dans l'acétone aqueux à 2 %, n'a révélé que de très petits points d'infection, humides, difficilement discernables, sur les plants traités à la griséofulvine. Par contre, les témoins ont présenté, en moyenne, mille deux cent cinquante lésions, de couleur marron, quelque peu angulaires. L'essai a été répété trois fois avec le même résultat. Après le troisième essai, dès que les lésions ont été comptées, les plants ont été remis en serre pendant une semaine. Durant cette période, les points d'infection initiaux n'ont présenté aucun signe de développement. Les plantes ont été mises en pots dans du sable frais et ont été contaminées à nouveau avec *A. solani* quatre jours plus tard. A la suite de cette deuxième contamination des lésions normales se sont développées. La période de protection complète, donnée par le traitement à la griséofulvine, aura donc été inférieure à quatorze jours.

Enfin en utilisant la méthode déjà décrite, mais en arrosant avec une solution de griséofulvine à 100 μg./ml. on a bien constaté la présence de lésions normales sur les plantes, mais la griséofulvine a jugulé la maladie dans la limite de 74 %. Le tableau ci-dessous donne le détail du décompte des lésions. Dans ces conditions aucun des traitements à la griséofulvine n'a porté atteinte à la vigueur des plantes.

	Nombre de lésions sur les traitements répétés			Total des lésions	Pourcentage d'infection	Pourcentage d'immunisation
	A	B	C			
Griséofulvine ...	127	486	133	746	26	74
Témoins	775	880	1.289	2.944	100	0

Nous en concluons que la griséofulvine a une action fongicide indiscutable. Pareille action a été récemment découverte pour certains acides aryloxyaliphatiques et 4 — nitrosopyrazolés.

Production de la griséofulvine dans le sol

Au cours de toutes les expériences décrites ci-dessus des solutions de griséofulvine pure ont été versées dans le sol ou ajoutées aux solutions nutritives. Des essais tendant à déterminer la possibilité de produire de la griséofulvine, dans le sol, par synthèse microbiologique et de la faire passer dans les plantes n'ont pas donné de résultats concluants.

On a cultivé le *Penicillium griseofulvum* pendant

quatorze jours, dans un sol stérile additionné de 2 % de farine de froment. Cette culture préalable a été utilisée pour contaminer à la fois de la terre franche stérilisée à la chaleur et de la même terre non traitée. Les taux de contamination pratiqués ont été de 2, 20 et 80 % de la terre sèche. On a semé de l'avoine dans quatre pots pour chacun des traitements, en des sols non inoculés, stériles et non stériles. Dès que les plants eurent atteint une taille suffisante, le liquide de sudation fut collecté et testé pour la griséofulvine. La quantité estimée de griséofulvine (μg./ml.) trouvée est donnée au tableau.

Nombre de jours après le semis	Inoculation 2 %		Inoculation 20 %		Inoculation 80 %	
	N. T.	S.	N. T.	S.	N. T.	S.
16	—	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4
21	0,1	0,1	0,2	3,0	1,6	0,8
23	0,1	0,1	0,1	3,0	0,8	0,8
28	—	—	—	6,0	6,0	6,0
30	—	—	—	3,0	0,8	3,0
35	—	—	—	0,4	0,4	3,0

N. T. = Terre franche non traitée.
S. = Terre franche stérilisée à la chaleur.

On a retrouvé de la griséofulvine dans le liquide de sudation provenant des plantes ayant poussé dans tous les sols contaminés, mais pas dans les plantes témoins. La quantité retrouvée était approximativement proportionnelle à l'importance de la contamination, mais l'effet des contaminations était plus sensible dans les sols stériles que dans les non stériles. La croissance a été sérieusement retardée par les contaminations les plus fortes, en sol stérile ; mais elle ne l'était que légèrement dans le sol non stérile. Nous pensons que cette différence est due à la dégradation biologique de la griséofulvine en sol non stérile. Pris à leur valeur nominale, ces résultats sembleraient indiquer que la contamination du sol avec de la griséofulvine, qui donne naissance à des moisissures, conduirait à l'absorption de griséofulvine par les plantes cultivées dans le sol. Toutefois, on a trouvé que le milieu de culture même contenait de la griséofulvine ; aussi la griséofulvine, qui apparaît dans le liquide de sudation pourrait bien être le produit d'une biosynthèse, qui s'est opérée avant que le milieu de culture n'ait été ajouté au sol dans lequel les plantes ont été cultivées. Cette suggestion est fortement étayée par un autre essai, au cours duquel on a utilisé le *P. nigricans*. Dans ce dernier cas on s'est également servi de milieux de culture tués par la chaleur. Ceux-ci ont été aussi efficaces que les milieux vivants.

La constitution d'une population suffisamment active de *P. nigricans* ou de *P. griseofulvum*, pour assurer la production de griséofulvine dans un sol normal, est obligatoirement plus difficile que dans un sol stérile. Néanmoins de nombreux travaux expérimentaux devront être exécutés avant de pouvoir écarter cette possibilité. Toutefois, les résultats acquis indiquent qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser de la griséofulvine pure pour assurer une distribution systémic dans les plantes et qu'on peut employer une culture : sol naturel/farine de froment ou une similaire de *P. nigricans* ou *P. griseofulvum*.

Ces résultats se réfèrent à une seule substance : la griséofulvine. D'une manière générale, il semble probable que des résultats aussi intéressants pourraient être obtenus avec certains autres produits de moisissures métaboliques antifongiques, choisis parmi les nombreux connus à ce jour.

BIBLIOGRAPHIE

CHESTERS (C. G.), and STREET (H. E.). — *Ann. Appl. Biol.*, 35, 443 (1948).
STREET (H. E.). — *Ann. Appl. Biol.*, 37, 149 (1950).
LOCHHEAD (A. G.), and THEXTON (R. H.). — *Canad. J. Res.* (C.), 25, 20 (1947).
LOCHHEAD (A. G.), and LANDERKIN (G. B.). — *Plant and Soil*, 1, 271 (1949).
RISHBETH (J.). — *Ann. Bot.*, N. S., 14, 365 (1950).
TIMONIN (M. L.). — *Soil Sci.*, 52, 395 (1941).
JEFFERYS (E. G.). — Proc. Eighth Int. Bot. Cong., 1950 (in press).
BRIAN (P. W.). — *Ann. Bot.*, N. S., 13, 59 (1949).
KHALABURA (T. V.). — *Mikrobiologia* (U. S. S. R.), 17, 257 (1948).
RAPER (K. B.), and THOM (C.). — « A manual of the Penicillia » (1949).
FROHBERGER (P. E.). — Höfchen-Briefe, 3, 23 (1948).
BRIAN (P. W.), and HEMMING (H. G.). — *Ann. Appl. Biol.*, 32, 214 (1945).
CROWDY (S. H.) and WAIN (R. L.). — *Nature*, 165, 937 (1950).
McNEW (G. L.), and SUNDERHOLM (N. K.). — *Phytopath.*, 39, 721 (1949).

MISE EN VALEUR ET MOYENS DE PRODUCTION

Travail du sol

6-122

LAUMONT (P.), LAFOND (J. A.). — **L'établissement et la protection des planches à semis. La stérilisation du terreau dans la culture du tabac en Algérie.** *Annales Institut agricole Algérie*, Alger, 1950 (fév.), 24 p., 6 ph., croquis.

L'A. décrit l'établissement des couches à tabac utilisées en Algérie. On peut utiliser :

a) Des couches en planches, les plus utilisées. Sur une épaisseur de 15 à 20 cm. de fumier frais on dispose une couche de 15 à 20 cm. de terre meuble ou mieux de terreau. De plus faibles épaisseurs de terre sont déconseillées.
b) Des couches préparées de la même façon, mais coffrées avec de la terre.
c) Les couches en tranchées avec un fumier très décomposé.

Les AA. conseillent l'emploi de châssis de protection en verre souple Vitrex reposant sur des cadres en bois.

La majeure partie de cet opuscule est consacrée à la stérilisation du terreau devant constituer les couches de germination pour le tabac.

Ce dernier est placé à cet effet sur une tôle épaisse chauffée directement par un foyer souterrain placé sous elle. On commence par tamiser le terrain en lui faisant traverser un tamis de maçon à mailles de 10 mm., puis on l'humidifie. On le place ensuite sur la tôle chauffée en couche de 5 à 8 cm. d'épaisseur, où il demeure plus d'un quart d'heure ; pendant ce temps on le retourne deux ou trois fois pour homogénéiser la température et l'empêcher de se carboniser. L'humidification est la partie délicate du traitement, il faut qu'à la fin du traitement le terreau soit encore humide. Le terreau stérilisé doit être manipulé avec précaution pour éviter qu'il ne se réinfecte (outils agricoles désinfectés).

Ces différents procédés ont été comparés en 1947 et en 1948 à Bône. Les couches demi-chaudes se sont montrées préférables aux couches froides. La stérilisation des terreaux par la méthode décrite ci-dessus, qui a été mise au point à Bergerac, a donné d'excellents résultats, ainsi que l'emploi du verre souple « Vitrex ».

Matériel agricole

6-123

BALLU (T.). — **Le XXIIIe Salon de la machine agricole.** *Comptes rendus Académie agriculture*, Paris, 1951 (14 mars), p. 205-8.

Comme chaque année, l'A. indique les principales tendances du Salon de la machine agricole.

A signaler d'abord, l'extension des « **semi-chenilles** » et des « **quatre roues motrices** ». Les **semi-chenilles** semblent *a priori* être une formule séduisante, qui consiste à substituer, aux roues motrices arrière d'un tracteur de type classique, deux petites chenilles amovibles, dont le moyeu du barbottin s'engage au bout des demi-arbres du différentiel. On augmente ainsi l'adhérence du tracteur lors des travaux à effectuer en terres inconsistantes et grasses, ce dernier pouvant reprendre, dès que nécessaire, ses roues motrices à pneus. L'A. se demande si le coût élevé des semi-chenilles est justifié pour les quelques jours de travail, où elles seront nécessaires.

L'évolution vers les **quatre roues motrices** semble plus justifiable. Un tel système de tracteur muni d'un moteur de 15-20 CV semble la meilleure solution pour les petites et moyennes exploitations : tracteur polyvalent, adhérence totale, faculté de circuler sur route. Leur prix n'excède pas, parfois, celui des tracteurs à deux roues motrices.

L'A. s'élève ensuite contre l'apparition de tracteurs à petite puissance, qui ne peuvent convenir aux exploitations, même petites, si leurs sols sont lourds.

L'A. regrette également que peu ou pas de tracteurs soient munis de moteur semi-Diesel, rustique, à « estomac complaisant » absorbant n'importe quel carburant.

L'A. signale que les instruments portés sont encore nombreux. L'A. préfère les instruments semi-portés, auxquels on confère le plus d'autonomie possible. L'A. cite en exemple une charrue semi-portée, qui se déterre et se retourne d'elle-même sans mécanique aucune.

L'A. signale également le nombre plus élevé de chariots épandeurs de fumier, l'apparition d'un semoir combiné à grains et à engrais, les moules en bois à ensiler les foins.

6-124

Fay (B. D.). — **The mechanical plucking of tea** (La récolte mécanique du thé). *The tea quarterly*, Talawakelle, 1950 (juin-septembre), p. 38-44, 2 phot., bibliographie de une référence.

Ces essais ont été effectués avec le « Tarpen Cropper » dans une région de collines entre 600 et 1.200 m. d'altitude, à faible pluviosité, où des sécheresses annuelles et des vents violents durant la mousson du S.-W. sont la règle.

On aurait intérêt, au lieu de transporter le moteur à la main, à le monter sur une Jeep ou un châssis mobile pour déplacer dans la plantation tout le matériel, qui serait ainsi plus mobile.

On a comparé la faculté de production de buissons cueillis à la main ou à la machine durant un cycle complet, ainsi que la production suivant les saisons. On a comparé ensuite la qualité du produit.

L'essai fut poursuivi sur deux plantations. La première, de six mille pieds, fut divisée en trente parcelles, la moitié récoltée à la main, l'autre à la machine. L'essai dura six cent vingt et un jours, du 9 août 1948 au 22 avril 1950, durant lesquels furent effectuées soixante trois cueillettes. Il commença quatre mois après une taille et deux mois après la formation de la table. Il fut récolté à la main 6.227,1 lb. de feuilles fraîches et à la machine 6.397,2.

La deuxième, de huit mille pieds, fut divisée en quarante parcelles. La récolte dura du 10 août 1948 au 18 avril 1950. Il fut récolté à la machine 9.830,8 lb., à la main 10.970,1 lb.

Le cycle de taille étant de trois ans, l'essai se poursuit encore.

Dans la deuxième plantation on allongea considérablement l'intervalle entre chaque cueillette dans les parcelles récoltées à la machine durant le courant de la deuxième année. Les récoltes réaugmentèrent immédiatement mais retombèrent de nouveau. Depuis lors, une amélioration apportée à la machine contrôle automatiquement l'importance de la cueillette. Ceci souligne notre ignorance sur le *modus operandi* à suivre avec la machine, et l'impossibilité où nous sommes, même après plusieurs mois d'essais, de fournir des conclusions.

Les travailleurs hommes s'accoutumèrent très aisément à la machine.

Un troisième essai fut effectué sur une parcelle d'un peu plus de 4 hectares, à 1.100 m. d'altitude. Il y eut une amélioration extraordinaire dans les dimensions des buissons où se produisit une multiplication élevée des pousses.

Les machines fonctionnent à la perfection quel que soit le temps.

La machine permet des récoltes moins fréquentes que la cueillette à la main ; le nombre de cueillettes peut être réduit de moitié. Une machine ou deux travailleurs peuvent récolter de 0,75 acre à 1,25 acre par journée de huit heures.

Dépenses comparées des récoltes (en roupies)

	A l'acre		A la livre	
	à la machine	à la main	à la machine	à la main
janv. 1950 (faible récolte)	3,50	2,78	0,7803	0,5042
mars 1950 (importante récolte)	5,68	8,94	0,1457	0,2177

Récolte en feuilles fraiches de trois cueillettes

A) *Récolte manuelle* :

	Nombre de coolies	Nombre d'heures de travail	Feuilles fraîches en lb	Récolte moyenne par heure et par coolie
24/3 et 25/3	12,5	250	2.300	9,2
11/4 et 12/4	13	266,5	2.570	9,7
28/4 et 3/5	13	351,5	3.560	10,0
	38,5	868,0	8.430	9,7

B) *Récolte à la machine* :

	Nombre de machines	Nombre d'heures de travail	Feuilles fraîches en lb	Récolte moyenne par heure et par machine
24/3 et 25/3	6	120	2.300	19,1
11/4 et 12/4	6	123	2.570	20,9
28/4 et 3/5	6	105	3.560	34,0
	18	348	8.430	24,2

La récolte à la machine ne diminue pas la qualité du thé obtenu, malgré que l'apparence soit moins belle.

On a comparé une récolte de la deuxième plantation, les feuilles récoltées à la main étaient vieilles de huit jours, celles récoltées à la machine de dix sept. Des dégustateurs, les uns trouvèrent meilleur le breuvage préparé à partir du thé récolté à la main, les autres ne trouvèrent aucune différence, si ce n'est dans l'apparence du liquide, qui fut trouvée supérieure pour le thé récolté à la main.

La machine semble économique dans les régions, comme Ceylan, où les cueilleurs de thé sont habiles. Elle le serait à plus forte raison dans celle où la main-d'œuvre est rare.

6-125

Perkins (G. G.). — **A method of bringing tea plants into bearing without centering** (Une méthode pour conduire à production le théier sans centrage). *The tea quarterly*, Talawakelle, 1950 (juin-septembre), p. 4, 1 phot.

Cet essai a été entrepris sur une surface de 49 ha., où les théiers ont été plantés, suivant les courbes de niveau, à 1 m. × 0,6 m.

Chaque plant dès qu'il a atteint une hauteur de 30 cm., et, à la base, la grosseur d'un crayon, est plié suivant la courbe de niveau parallèlement au sol, et est fixé par un bâton fourchu. De la branche ainsi courbée jaillissent en quelques semaines, de nombreuses pousses, certaines de la base de la plante. Plus tard, quand chaque pousse arrive à maturité, elle subit le tipping pour former la table de cueillette à la hauteur convenable. Si on désire plus étendre le buisson, la pousse la plus basse est également courbée dans le prolongement de la première branche.

On élimine ainsi la nécessité de centrer, qui est une opération aléatoire dans les régions à climat sec, où elle provoque la mort de beaucoup de plants, et est même à craindre dans les contrées humides, où les jeunes pousses sont très sensibles au blister bright. Les plants conservent toutes leurs feuilles, leur croissance ne subit aucun arrêt, etc...

La plantation, dont il est question, a été effectuée il y a seulement deux ans. Elle est maintenant en cueillette légère, de nombreux buissons ont une table de 60 cm. en état d'être cueillie et forment des haies continues suivant les courbes de niveau.

Ces théiers ont été conduits à la production sans taille ni blessure. De vieux arbres ont été traités de même avec de bons résultats.

6-126

MONCIERO. — **Contribution à l'étude du palmier-dattier. Premiers résultats d'essais de fumure et de ciselage. Fécondation mécanique des palmiers dattiers.** *Annales Institut agricole d'Algérie*, Alger, 1950 (août), 12 p., photos.

Les essais ont été entrepris sur des dattiers deglet-nour. On a comparé entre elles la production de palmiers dattiers non fumés, de palmiers n'ayant reçu qu'une fumure organique et de palmiers ayant reçu en complément les fumures N, K, P, NP, NK et NPK. Les fumures contenant P ont diminué la récolte ; celles contenant N, K et NK augmentent la récolte, mais pas de façon significative, ajoute l'A. L'eau utilisée est fortement chlorurée.

L'essai de ciselage a été effectué au tiers, à l'intérieur des régimes. La récolte n'est pas diminuée et la qualité est améliorée.

Pour obtenir la fécondation mécanique du palmier-dattier, l'A. a opéré avec une poudreuse à dos munie d'une lance de 6 à 8 m. de long, de 20 mm. de diamètre, terminée par un embout, coudé à 120° environ, muni de deux lèvres de direction parallèles, ce qui permet d'avoir un jet plus précis. On ne dépense que 10 à 15 % de pollen en plus que par la méthode traditionnelle. On pose l'extrémité de la lance sur l'ouverture de la spathe, on imprime au levier de la poudreuse un mouvement de va et vient. Les fécondations sont aussi importantes que dans la méthode à main.

6-127

SHAMEL (A. D.), POMEROY (C. S.). — **Effet de l'incision annulaire du tronc sur la production des orangers Washington Navel** (traduction et adaptation). *La Terre Marocaine*, Casablanca, 1951 (mars), p. 80-3.

L'incision annulaire a été effectuée sur certains arbres une année, sur d'autres arbres durant deux années consécutives. L'incision consistait en un trait circulaire entourant l'écorce jusqu'au cambium à l'époque de la pleine floraison, au début de la chute des pétales sur la face Sud des orangers, au début de l'ouverture des fleurs sur la face Nord. L'essai fut effectué en Californie du Sud.

On obtient un accroissement commercialement intéressant des récoltes, et cet accroissement des récoltes est en corrélation avec une diminution de la taille des fruits.

Des recherches ultérieures et des mises en œuvre dans les vergers commerciaux ont confirmé ces deux résultats.

Multiplication des plantes

6-128

LE CONTE (J.). — **Le maïs hybride aux Etats-Unis d'Amérique.** *Archives Instituts Recherches Agronomiques Indochine*, Saïgon, nº 5, 1950, 190 p., fig., bibliographie très importante.

Ce travail est le condensé de l'ensemble des renseignements recueillis et des documents réunis au cours d'une mission technique aux Etats-Unis en 1949. Les principaux chapitres sont : origines du maïs, position actuelle du problème génétique du maïs ; hétérosis ; méthode usuelle de sélection du maïs ; nouveaux procédés de sélection ; lignées pures et hybrides ; pratiques de l'obtention, des comparaisons et des éliminations ; la semence hybride ; expérimentation agricole en maïziculture ; étude économique ; sources consultées et références citées.

6-129

CASSERES (E. H.), THOMPSON (H. C.). — **Pruebas de variedades de vainicas en Turrialba, Costa Rica** (Essais sur les variétés de *Phaseolus vulgaris* à Turrialba, en Costa Rica). *Turrialba*, Turrialba, Costa Rica, 1951 (janv.), p. 144-6, 3 tableaux.

La qualité des *Phaseolus vulgaris* du pays est naturellement basse, à moins qu'on ne les récolte au début de la maturation, les fibres se développant à l'époque, où les semences commencent à se former. De nombreux cultivateurs préfèrent des variétés ordinaires locales parce qu'elles permettent à la graine de mûrir et d'être récoltée comme haricots à écosser au lieu d'être cueillie comme haricot vert, quand le prix de celui-ci est bas à l'époque de la grosse production. D'autres raisons pour l'emploi de variétés non améliorées sont celles constituées par le prix élevé des semences importées, l'absence de renseignement en ce qui concerne le comportement des variétés nouvelles et améliorées, et, fréquemment, la sensibilité extrême et apparente de certaines variétés étrangères aux maladies locales ainsi qu'aux parasites, lorsqu'on n'a pas appliqué les mesures nécessaires de préservation.

Il existe toutefois un marché pour les haricots sans fibre et de meilleure qualité obtenus à partir des semences importées. Ce sont les haricots jaunes, qui sont payés le plus cher. Les haricots verts sont cultivés en moindre quantité, malgré que la consommation de ces deux qualités semble être en voie d'augmentation.

Cette étude sur le comportement de ces variétés de Légumineuses dans des conditions tropicales, effectuée à l'Institut Interaméricain des Sciences Agricoles, a été pratiquée avec cinq répétitions. Ces essais ont eu lieu dans les conditions tropicales humides et chaudes de la vallée de Turrialba, malgré que l'on puisse rencontrer des conditions plus favorables aux haricots et autres Légumineuses sur les terres hautes qui sont plus froides.

Le premier essai comportait six variétés importées des Etats-Unis. Au cours des quatre autres essais, la meilleure variété de Costa-Rica, appelée Jamaïca, a été substituée à une des variétés importées. Les graines des haricots Jamaïca sont ovales, de couleur vert foncé, ont moins de fils et de fibres que les autres variétés locales.

Le seul soin spécial apporté à toutes les plantes des cinq essais, a été la lutte contre les diverses espèces de *Diabrotica* adultes, qui constituent le fléau le plus sérieux dans cette région. Cette lutte a été entreprise en aspergeant une fois par semaine, jusqu'à l'époque de la floraison, avec une solution contenant 900 g. d'hexachlorure de benzène à 6 % pour 3.800 litres d'eau. Cet insecticide, qui avait donné les meilleurs résultats au cours d'essais antérieurs, n'a communiqué aucune saveur désagréable aux haricots, crus ou cuits, et n'a rien provoqué d'anormal dans le développement de la plante lorsqu'il a été utilisé au dosage ci-dessus.

Dans tous les essais, on a semé les graines à 5 cm. les unes des autres. Les rangées étaient espacées de 60 cm., leur longueur était de 6 et 7,30 m. au cours du

premier et du second essais et de 9 m. pour les trois derniers. Les traitements se pratiquaient sur des parcelles réparties au hasard, dans chacune des six répétitions. En moyenne, toutes les variétés ont pu être récoltées quarante sept jours après le semis. Tous les résultats ont été examinés du point de vue économique. Le tableau ci-dessous ne reproduit que le résultat du premier semis. Ces chiffres démontrent que les variétés Tendergreen et Florida Belle ont eu un rendement bien supérieur à celui de Black Valentine. La différence est hautement significative. Sure Crop a été nettement supérieur à Pencil Pod. Tendergreen, Florida Belle, Logan et Sure Crop ne diffèrent pas de manière significative en ce qui concerne leur production. Cet essai est le seul au cours duquel la variété locale n'a pas été inclue.

Rendements moyens de six variétés de haricots semées le 6 octobre 1948 a Turrialba (Costa Rica) (en kg par hectare)

Tendergreen	7.790
Black Valentine	5.474
Pencil Pod	6.011
Sure Crop	7.589
Florida Belle	7.992
Logan	7.388
Moyenne	7.018

Différence minima significative entre moyenne au niveau de :

1 %	2.149
5 %	1.579

Rendements moyens de six variétés de haricots provenant de quatre semis effectués a Turrialba (Costa Rica) (en kg par hectare)

Variétés	Dates des semis				Moyennes de rendement pour les quatre semis
	15 mars	7 avr.	3 mai	18 mai	
Tendergreen	4.130	7.555	2.619	2.418	4.197
Black Valentine	3.358	4.466	2.451	1.578	2.955
Pencil Pod	3.257	4.708	2.384	1.981	3.056
Sure Crop	3.794	6.514	2.257	2.283	3.962
Florida Belle	3.828	8.026	2.082	2.216	4.063
Jamaïca	4.634	8.731	3.727	4.164	5.306
Moyennes de rendement pour chaque date de semis	3.828	6.648	2.754	2.451	

Différences minima significatives...	1 %	5 %
Entre moyennes par variété	1.041	772
Entre moyennes par date	403	302

Il se trouve que la variété locale a eu un rendement significativement supérieur dans chaque semis, ainsi que dans la moyenne des quatre essais. Au cours des quatre essais, Tendergreen et Florida Belle ont eu un rendement supérieur à Black Valentine et Pencil Pod dépassant la signification de 1 %. Parmi les haricots jaunes, Sure Crop a été significativement meilleur que Pencil Pod dans deux essais et également productif dans les deux autres ; toutefois les moyennes des quatre semis ne diffèrent pas significativement. Les différences entre les moyennes de rendement pour les différentes époques de semis ont été hautement significatives d'après la comparaison entre les deux premières dates de semis et les deux dernières. A cet égard, il importe d'examiner les conditions climatiques qui prévalaient au cours des essais. Dix mois se sont écoulés entre le premier semis et la dernière récolte. Durant ce temps, la moyenne de température diurne, ainsi que celle de l'humidité relative sont demeurées constantes ; elles étaient respectivement de 22° C. et de 87,5 %. En ce qui concerne les précipitations de pluie, il ne fait pas de doute qu'il y a eu une grande variation due à la succession des périodes de fortes et de faibles précipitations. Le tableau ci-dessous donne les totaux mensuels des précipitations en millimètres, le minimum, le maximum et la moyenne des températures mensuelles ainsi que la moyenne d'humidité relative.

	Pluies en mm.	Températures en degrès centigrade			Humidité relative
		minima	maxima	moyenne	
Octobre 1948	177,3	15,0	31,7	22,5	87,11
Novembre	175,3	15,0	30,6	21,9	87,93
Décembre	134,9	12,2	28,9	21,2	86,85
Janvier 1949	174,4	11,1	28,9	19,7	87,44
Février	38,1	11,1	29,4	20,5	87,79
Mars	66,5	11,7	30,0	21,1	86,52
Avril	84,3	15,0	30,6	22,8	85,12
Mai	406,1	16,1	31,1	22,5	88,92
Juin	270,2	15,0	31,1	22,4	89,37
Juillet	192,8	14,4	30,6	21,9	89,02

Pour une même variété, la différence due aux dates de semis, est hautement significative. Ceci indique la nécessité de semer à diverses époques pour comparer les variétés. Dans cette étude, Jamaïca a été la seule variété qui ait produit uniformément de hauts rendements tant en période de fortes précipitations qu'en période de faibles précipitations.

L'influence du total des précipitations, sur le rendement moyen de toutes les variétés semées à la même date, est illustrée par le plus fort rendement moyen de 7.018 kg. par hectare. Ce résultat a été obtenu en octobre 1948, alors que la pluviosité mensuelle était de 177 mm. A l'opposé les rendements ont été réduits à une moyenne de 2.451 kg. par hectare pour des semis effectués en mai 1949, la pluviosité étant, pour ce mois, de 406 mm.

En ce qui concerne la variété Jamaïca et sa faculté de donner de forts rendements, il est intéressant de signaler que les plantes de cette variété sont à port érigé, les gousses se forment à une hauteur telle que, normalement, elles ne touchent pas le sol. Le feuillage de cette variété est vert foncé. Apparemment, elle est très résistante à l'anthracnose, étant donné que fort peu de plantes ont été affectées par cette maladie. Les autres variétés sont sensibles, à des degrés plus ou moins élevés, au champignon de cette maladie, particulièrement au cours des périodes les plus pluvieuses. Tendergreen aura été, sans aucun doute, la meilleure variété en ce qui concerne la qualité et l'apparence. La maladie ne l'a touchée que légèrement, les gousses se sont bien développées, sans aucun fil et avaient une couleur vert vif attrayante.

6-130

Joyner (J. F.), Gangstad (E. O.), Seale (C. C.). — **The vegetative propagation of *Sansevieria*** (La multiplication végétative de la sansevière). *Agronomy journal*, State College, Pennsylvania, 1951 (mars), p. 128-30, 8 fig., 2 tableaux, bibliographie de 4 références.

Ces essais ont été effectués à la station expérimentale des Everglades en Floride.

Les sansevières fournissent une fibre très différente par ses qualités suivant les espèces. Pour cette raison elle ne fait pas l'objet d'un commerce suivi.

Les essais ont été poursuivis sur *Sansevieria guineensis*, *S. trifasciata*, *S. longiflora* et *S. Laurentii*. Ces espèces sont à feuilles plates, dont une fibre propre peut être aisément extraite. Elles ont été introduites en Floride, à l'époque coloniale, et poussent à l'état sauvage. Elles sont donc parfaitement acclimatées au climat de la Floride et, comme la fibre peut être préparée aisément et à bas prix, on peut envisager la culture mécanisée de cette plante.

Certaines de ces espèces, *S. trifasciata* et *S. longiflora*, peuvent être reproduites par voies sexuées et végétatives, mais d'autres comme *S. Laurentii* donnent rarement des semences et *S. guineensis* n'en donnent jamais. Comme les semences ne peuvent être récoltées

qu'à la main et que chaque plant n'en donne que peu, seul le bouturage des feuilles doit être envisagé pour la création d'une plantation.

Quand on utilise les semences ou les fragments de rhizomes, la jeune plante obtenue a la forme d'une rosette. Si on utilise une bouture de feuille, on obtient directement une plante formée d'une feuille à fibres, sans passer par le stade intermédiaire de rosette.

Les boutures de feuilles doivent être placées obligatoirement la partie inférieure en bas ; elles ont une forte polarité. Le développement des racines est très lent, mais les hormones l'accélèrent, entre autre l'acide indoleactique à 50 $^{0}/_{00}$ durant une heure.

Le développement des boutures présente trois phases : d'abord apparition de racines adventives non ramifiées ; ensuite un fort développement de racines ramifiées ; enfin apparaissent des forts rhizomes blancs charnus qui donnent naissance aux plants à à feuilles à fibres. La première phase dure quatre à six semaines après la plantation, la seconde est terminée à la fin du deuxième mois, les rhizomes ne se développent qu'après le troisième mois. Les jeunes pousses ont de 15 à 30 cm. au bout de six mois, de 50 à 75 cm. après une année, ces dimensions varient avec l'espèce et les conditions de croissance.

Pour former les boutures, on découpe les feuilles suivant leur longueur, les fragments doivent avoir de 15 à 30 cm. de long ou plus précisément de 20 à 25 cm. Les grands fragments donnent les plus beaux plants, mais il existe quelques différences suivant les espèces.

Si on divise les feuilles en trois dans le sens de la largeur : le haut, le milieu et le bas. Les fragments du bas des feuilles donnent plus rapidement et plus abondamment des racines et des rejets. Cependant le pourcentage de reprises est variable suivant le mois de plantation et la partie de la tige ayant fourni les boutures. Mais, dans l'ensemble, les boutures de base ne peuvent convenir, en quelques saisons celles du milieu de la feuille donnent une bonne pousse, mais ce sont les boutures du haut de la feuille, qui donnent les meilleurs résultats certains mois de l'année, particulièrement en août, dans les conditions écologiques de la Floride. C'est durant juillet à novembre que les plants se développent le plus.

La croissance durant l'été n'est pas augmentée par un ombrage artificiel. C'est à l'exposition directe au soleil et en protégeant le sol par un mulch de bagasses, qu'on a obtenu et le plus grand nombre de pousses et la croissance la plus importante des feuilles.

6-131

Organisation du travail de récolte et d'usinage du sisal. I.O.S.T.A., Paris, 1951 (févr.), 63 p., 68 fig., 3 tableaux.

Cette étude a été effectuée d'après le fonctionnement des plantations de sisal existant en A. O. F. Comme toutes les études de l'Institut d'organisation scientifique du travail en agriculture (I. O. S. T. A.), elle a pour but de rechercher un meilleur emploi du matériel, un agencement plus rationnel des bâtiments et une utilisation économique de la main-d'œuvre.

L'étude se compose de trois parties.

Dans la première, on détermine l'importance du travail de récolte et on situe les conditions d'exécution de ce travail, qui comprend trois phases : coupe des feuilles, mise en paquets et transport. Pour améliorer les conditions du travail il faudrait : supprimer des transports, fournir aux coupeurs de feuilles un couteau efficacement conçu, éduquer le personnel pour une exécution correcte de la coupe, utiliser des liens solides préparés à l'avance, etc...

Dans la seconde partie, sont signalés tous les inconvénients actuels de l'organisation du travail d'usinage du sisal et en sont déduites les améliorations à lui apporter. Les bâtiments de l'usine devraient être situés au centre de la plantation pour réduire au minimum les transports des feuilles et le retour à la plantation des déchets. Les bâtiments devraient être orientés et disposés de façon à permettre d'économiser la main-d'œuvre, toujours rare dans la zone des plantations, et de préparer au mieux la fibre. De nombreuses autres améliorations de détail sont indiquées pour faciliter le déchargement des paquets de feuilles, aligner ces dernières sur le tapis conduisant à la défibreuse, transporter les fibres jusqu'au séchoir, les brosser, les presser en balles, stocker ces dernières.

Dans une dernière partie, l'A. insiste sur la nécessité d'un contrôle cultural, grâce à la tenue d'un « dossier parcelle » et d'une « fiche parcelle » dont il donne les modèles, en vue d'une meilleure gestion technique des plantations.

DÉFENSE DES CULTURES

Méthodes et techniques de lutte

6-132

Ross (W. A.), Armstrong (T.). — **Note on some of the newer acaricides** (Notes sur quelques-uns des derniers acaricides). *Scientific agriculture*, Ottawa, 1949 (février), p. 81-5.

Ce travail présente quelques brèves notes sur l'efficacité des derniers acaricides. Il est basé sur des essais effectués dans des serres et des vergers du Canada.

Le di-parachlorophényl-méthylcarbinol (D. M. C.) s'est révélé un des meilleurs acaricides.

Le di-p-chlorophénoxyl méthane (D. C. P. M.) a aussi été parfaitement efficace et n'a pas détérioré les fruits, au cours d'essais limités entrepris dans l'Ontario.

Le parathion, même en concentrations très faibles a été exceptionnel dans des essais en serre.

Le pyrophosphate de tétraéthyle (T. E. P. P.) a manqué d'efficacité résiduelle et ovicide. Sa valeur dans les vergers est douteuse.

Le sel monoethanolamine du dinitro-o-cyclohexylphénol (D. N. O. C. H. P.), préparé par les planteurs, est largement employé et donne de bons résultats en Colombie Britannique. Le sel du dicyclohexylamine du D. N. O. C. H. P. a donné des effets très irréguliers et souvent, pas satisfaisants. Le D. N. O. C. H. P., sans mélange, est un bon acaricide, mais il risque de détériorer les feuilles.

Au cours de tests préliminaires, le sulfate de lauryl-2-thiazolinyl a été prometteur.

Le camphène (huile de térébenthine rectifiée) chloré a été moyennement efficace.

L'émulsion d'huile d'été demeure un des meilleurs acaricides, mais elle est incompatible avec le soufre et le D. D. T.

Tous les acaricides essayés ont présenté des lacunes d'importance variable.

Phytopathologie

6-133

Loué (A.). — **Note sur la maturation de la banane, en particulier dans le cas de fruits anormaux.** *Bulletin trimestriel du centre de recherches agronomiques*, n° 1, Bingerville, 1950 (4e trimestre), p. 6-23, graph., bibliographie.

Au contrôle du conditionnement de la Côte d'Ivoire on refusa, en 1949, des régimes anormaux de bananes, soit trois quarts pleines jaunissantes le long du sillon longitudinal, présentant en coupe des plages orangées, symptôme de la maladie de Sigatoka (*Cercospora Musae*) ou signe d'une maturation anormale d'ordre purement physiologique.

L'A. commence par étudier la maturation de la banane normale et plus particulièrement à déterminer la valeur du rapport $Q = \frac{\text{poids de la pulpe}}{\text{poids de la peau}}$; ce dernier varie de 1 quand la banane est verte trois quarts pleine, à 2 quand la banane est mûre, 2,3 à 2,5 quand quelques taches brunes apparaissent çà et là (gustativité optima) ; au delà de ces chiffres la banane est trop mûre.

Comparant entre eux des régimes normaux sains et des vail de récolte et en situe les conditions d'exécution

régimes malsains conduits jusqu'à maturité complète, l'A. arrive aux conclusions suivantes :

a) *Régimes sains.* Si le coefficient Q < 1,15 le régime est à refuser, il a été cueilli trop tôt ;
si 1,15 < Q < 1,35, régime normal typique ;
si 1,35 < Q le régime est à refuser.

b) *Régimes malsains.* Si Q < 1,15 le régime est à refuser ;
si 1,15 < Q < 1,35 se baser sur la coloration de la coupe ;
si 1,35 < Q le régime est à refuser.

Les causes de cette anomalie, les plaques orangées et la maturité anormale, sont assez confuses. La même anomalie se retrouve en Guinée, on l'attribue à un excès ou à un manque d'eau, aux attaques des charançons ou des anguillules, au froid, à l'excès d'azote, d'une façon générale à un déséquilibre dans la nutrition de la plante. De quelques observations effectuées en Côte d'Ivoire, l'A. estime que l'apparition de régimes anormaux est due à un déséquilibre physiologique.

6 - 134

Costa (A. S.), Grant (T. P.), Moreira (S.). — **Investigacoes sobre a tristeza do *Citrus*** (Recherches sur la tristeza des *Citrus*). *Bragantia*, Campinas, 1949 (janvier-avril), p. 59-80, photo, tabl., bibliographie de 13 références.

Réaction des Citrus *à la tristeza*

Les A.A. passent en revue les conceptions les plus anciennes concernant la réaction des *Citrus* à la tristeza. Ils notent que cette maladie a occasionné des pertes principalement sur certaines combinaisons de porte-greffe et greffons. Parmi celles-ci, on avait étudié plus particulièrement la combinaison *Citrus sinensis* (L) Osb. sur oranger amère. Par contre des oranges douces entées sur *C. aurantifolia* (Christm) Swingle, ou éventuellement sur un hybride *C. reticulata* Blanco × *C. aurantifolia* ainsi que sur quelques autres porte-greffes, les orangers doux de pied franc et autres étaient considérés comme étant résistants à la maladie.

On sait, depuis, que des dégâts assez sévères peuvent être causés par la tristeza à de nombreuses combinaisons de porte-greffes et greffons, pour lesquelles d'autres porte-greffes que l'oranger amer furent utilisés. Il est de même de certains types de *Citrus* à pied franc qui peuvent, à des degrés variables, se montrer affectés par la tristeza. Dans de nombreux cas l'affection atteint le même degré que celui observé sur les combinaisons d'orangers doux sur amers.

Un plan de coopération entre l'Institut agronomique brésilien et le Département fédéral d'agriculture des Etats-Unis pour l'étude de la tristeza est en cours depuis 1946. Les travaux ont été commencés par C. W. Bennett et A. S. Costa.

Ces travaux comprennent l'étude de la tristeza sous ces divers aspects, tels que : relation de la maladie à l'égard du vecteur, des plantes hôtes, des méthodes de lutte et, principalement, détermination de la réaction à la tristeza de plus de trois cents variétés et espèces de *Citrus*.

Ce sont les caractéristiques de la plante même qui gouvernent sa réaction à la maladie, et parmi celles-ci : *a*) l'âge, *b*) sa résistance à l'infection, *c*) sa perméabilité à la multiplication du virus, *d*) la résistance des tissus et principalement du phloeme, sont les plus importantes.

Des tests, au cours desquels on s'est servi des aphides orientaux, transmetteurs de virus, pour l'inoculation à divers types de *Citrus* greffés sur des pieds d'orangers amers, ont mis en évidence la corrélation existant entre la susceptibilité à l'infection et la sévérité des symptômes. Ces tests ont démontré que les orangers doux étaient les plus susceptibles à l'infection et présentaient les symptômes les plus sévères ; l'oranger doux Barao a paru plus susceptible que la Valencia. Les mandariniers montraient une tendance à la résistance, mais, quand ils étaient infectés, des symptômes très marqués se développaient. Les tangelos tolérants (1) se comportaient comme les orangers doux ; ils étaient très susceptibles à l'infection et présentaient des symptômes sévères. Les tangelos non tolérants, les citranges et grapefruits susceptibles se comportaient plus ou moins de la même façon et ne manifestaient qu'une susceptibilité moyenne à l'infection et présentaient de sévères symptômes de la maladie. Parmi les grapefruits on a observé sur la variété Leonardy une susceptibilité relativement plus grande et des symptômes plus marqués que sur Duncan. Les pomélos, shaddocks et les orangers amers étaient comparativement très résistants à l'infection et ne présentaient que des symptômes très modérés quand ils étaient infectés. On a constaté que les orangers amers pouvaient être plus facilement infectés par l'union des tissus que par l'aphide vecteur. Les *Poncirus trifoliata*, citrumelos et les citranges résistants ne présentaient pas de symptômes et aucun virus ne pouvait être repéré dans les plants inoculés, même après trois inoculations.

L'observation des symptômes montrés par des plants formés d'une tige d'oranger amer entre les racines et le feuillage d'un oranger doux semble indiquer que le collapsus du liber dans l'oranger amer intermédiaire ne prévient pas intégralement la translocation de l'alimentation, puisque, dans les conditions de la culture, la tige d'oranger doux sous celle de l'oranger amer intermédiaire continue, durant presque deux ans, à croître en taille à peu près autant que la tige d'oranger doux de dessus. La croissance de l'oranger amer en entre-greffe est faible et ce manque de développement indique une possible action préjudiciable de la maladie sur les tissus autres que le liber.

Les tissus des racines de l'oranger amer sont sensibles au mal puisque des extrémités d'orangers doux greffés directement sur les racines d'orangers amers et ultérieurement inoculés montrent les symptômes usuels de la tristeza. La mort des radicelles et des racines se produit non seulement sur les plantes contaminées avec des extrémités tolérantes et des racines porte-greffes non tolérantes mais encore sur des plants tolérants infectés possédant un greffon intermédiaire du non tolérant oranger amer. Ces observations indiquent que, malgré que les tissus des racines des espèces non tolérantes peuvent être sensibles à la maladie, les symptômes présentés par les racines et les radicelles sont pour la plupart des réactions secondaires.

Des essais montrent que le virus de la tristeza a été trouvé sur des rejets, protégés des insectes, developpés sur des racines d'oranger doux Caipira séparées de l'arbre mère, ce qui indique que le virus était présent dans les racines d'une espèce tolérante.

On a déjà reconnu que la tristeza se rencontre sur diverses combinaisons de porte-greffes et greffons de *Citrus*. Dans la présente étude on a trouvé que cinquante variétés obtenues de graines montraient les symptômes de la tristeza à la suite d'inoculation par des aphides. Les symptômes, que présentent ces plants, ressemblent à ceux observés sur les associations de porte-greffes et de greffons non tolérants de *Citrus*. Quelques jeunes orangers doux ont présenté des symptômes de tristeza à la suite de fortes inoculations, mais les *Citrus*, dont les tissus sont tolérants, ont tendance à ne montrer que des symptômes atténués.

Quelques descendants des croisements connus entre *Poncirus trifoliata* et orangers doux, les citranges, voient croître la virulence de la maladie autant que sur les orangers doux, alors que d'autres se comportent comme des *P. trifoliata* et ne permettent pas la multiplication du virus. On n'a trouvé aucune relation entre le caractère, feuille de *P. trifoliata* et l'inaptitude à accroître la virulence de la maladie. Des backcross de ces citranges avec l'oranger doux montrent une tendance à se comporter comme l'oranger doux parental. Les hybrides entre *P. trifoliata* et les grapefruits, les citrumelos, se sont comportés dans la plupart des cas comme des *P. trifoliata*. Ceci semble indiquer que la tolérance et l'inaptitude à accroître la virulence de la maladie dépendent de facteurs dominants. Les hybrides entre *C. reticulata* et *C. paradisi*, les tangelos, ne présentent pas une dominante nette. Plusieurs se comportent comme le parent *C. reticulata* à tissus tolérants, d'autres comme le *C. paradisi* à tissus non tolérants. L'inaptitude à accroître la virulence de la maladie est une caractéristique de peu de valeur dans le choix des porte-greffes, puisque la maladie est transmise par la partie aérienne de la plupart des variétés commerciales de *Citrus*. On insiste sur le fait que le choix de porte-greffes résistant à la tristeza devrait être fait simultanément avec celui

(1) Cet adjectif qualifie des tissus ou des plants supportant le virus sans présenter les symptômes de la maladie.

d'autres caractères favorables comme la vigueur, la résistance à la gommose.

Des essais en pleins champs ont montré que la réaction d'yeux contagieux sur divers porte-greffes varie non seulement avec la plus ou moins grande résistance des tissus des porte-greffes mais encore suivant celle des yeux. Des yeux contagieux provenant de types tolérants, comme ceux des orangers doux, greffés sur des porte-greffes non tolérants donnent une première poussée apparemment saine, mais montrent plus tard des symptômes de maladie. Pendant les deux premiers mois après la greffe, on ne trouve que peu ou pas de différence entre les pousses des yeux sains ou des yeux contagieux provenant de types tolérants. Par opposition, des yeux contagieux des types non tolérants greffés sur des porte-greffes non tolérants, les symptômes de la maladie apparaissent dès le début. Des yeux contagieux de variétés tolérantes greffés sur des porte-greffes tolérants ne présentent pas habituellement de symptômes malgré que la plante soit porteuse de virus. D'autre part des yeux contagieux de variétés non tolérantes greffés sur des porte-greffes tolérants peuvent parfois présenter des symptômes. On expliquerait ce qui précède par des rapports entre les mouvements du virus et la transformation de l'alimentation de la plante.

Dans ces études, on a greffé un oranger doux sur un porte-greffe oranger amer et on n'a laissé développer que deux branches de l'oranger doux. Une des branches a été annelée et inoculée par le vecteur. La branche non inoculée ne présentait aucun symptôme seize mois après, à ce moment sur des yeux prélevés à l'une et à l'autre branche on a recherché le virus. Il n'a été trouvé que sur la branche annelée. Ce qui indique que le virus de la tristeza n'a pu passer au delà de la partie annelée et que donc il ne peut se déplacer que par le liber.

D'essais multiples faits en pleins champs, on conclut que les yeux prélevés sur des plantes âgées d'orangers doux affectés depuis longtemps portent le virus. Sur de jeunes plants infectés depuis peu (grapefruit Ducan, oranger amer, tangerine Dancy et oranger doux Valancia) les yeux n'étaient pas tous infectés. On ne sait pas encore si les yeux arrivés à maturité avant d'être infectés peuvent échapper temporairement à l'invasion du virus ou si les *Citrus* à tissus non tolérants peuvent dans une certaine mesure limiter l'invasion de tout le système par la tristeza.

6-135

NOLLA (J. A. B.). — **Sugar cane diseases in Puerto Rico** (Maladies de la canne-à-sucre à Porto Rico). *Sugar*, New-York, 1949 (février), p. 34-7, bibl. de 12 références.

1° Actuellement, la mosaïque et la gommose de la canne à sucre ne constituent pas un danger à Porto-Rico, parce que les variétés sensibles ne sont plus cultivées et aussi en raison de l'extrême vigilance exercée dans les quelques plantations, où certaines de ces variétés se trouvent encore. Par contre, le *Colletotrichum falcatum*, la panachure chlorotique (virus), l'*Helminthosporium stenospilum*, l'*Helminthosporium ocellum*, le *Phytomonas rubrillineans*, le *Fusarium monoliforme* deviennent de plus en plus importants et affectent dans de nombreux cas diverses variétés avec une grande virulence.

2° Le *Colletotrichum falcatum* et la panachure chlorotique (virus) s'étendent rapidement. Pour la lutte contre ces maladies, ou recommande la préparation de couches ou champs de multiplication, où l'on devra pratiquer une sélection sévère. En ce qui concerne la panachure chlorotique, le traitement des cannes à l'eau chaude (vingt minutes à une température de 52-53° centigrades) élimine le virus qui produit cette maladie ; actuellement, le traitement est limité aux cannes dans les petites parcelles.

3° *L'Helmintosporium ocellum* fait de grands ravages durant la saison sèche. En conséquence, la canne devra être plantée en été (juin à septembre) et coupée à la fin de la saison (mai ou juin). Ceci permet aux rejets ou bourgeons d'échapper à l'infection. En tout cas, les effets de la maladie sont atténués.

4° *L'Helminthosporium stenospilum* prend des proportions plus importantes au cours de la saison des pluies. On devra donc couper et bouturer les variétés sensibles au printemps (janvier à avril à Porto-Rico).

5° Bien que le *Fusarium monoliforme* détruise de nombreuses tiges, parmi les variétés les plus sensibles, cet organisme n'a pas une importance majeure. Les variétés sensibles sont indispensables en raison d'autres caractéristiques recherchées.

Lutte contre les animaux nuisibles

6-136

JACQUES (J. E.). — **Les ennemis des plantes d'appartement.** *Agriculture*, Québec, 1950 (automne), p. 288-304, fig., (à suivre).

L'A. rappelle d'abord les conditions écologiques, que subissent les plantes d'appartement, elles sont préjudiciables à ces dernières et favorables au développement des insectes et autres animaux. Il étudie ensuite ceux-ci les uns après les autres, en commençant par ceux qui attaquent les organes aériens : pucerons, qu'un lavage à l'eau tiède sous pression suffit souvent à détruire, cochenilles, tétraniques tisserands, tarsonèmes du cyclamen, kermès, mouches blanches, thrips, limaces. Il traite ensuite des animaux attaquant les organes souterrains : collemboles, sciaras, mille-pattes, cloportes, nématodes, vers de terre.

6-137

KEY (K. H. L.). — **A critique on the phase theory of Locust.** (Critique sur la théorie des phases des acridiens). *The quarterly review of biology*, Baltimore, 1950 (décembre), p. 363-407, très abondante bibliographie.

De cet article, on ne donne que la traduction des conclusions.

1. La théorie des phases de UVAROV, qui n'a jamais été formulée succintement, peut être énoncée comme suit : « Chez certains animaux, divers degrés de stimulation réciproque, entre les individus composant des populations de densités différentes, provoquent l'apparition de types physiques distincts, les phases, qui diffèrent aussi de manière typique dans leur physiologie et leur comportement. Les phases peuvent, au cours d'une ou plusieurs générations, se transformer l'une dans l'autre par une modification dans le degré de stimulation réciproque. »

Dans cette formule, l'accent est mis sur la différenciation physique (sans laquelle la théorie n'aurait aucune teneur spécifique) se rapportant plutôt à la densité de la population qu'au grégarisme. Il n'est indiqué aucune limite au nombre de phases susceptibles d'être reconnues et le domaine de la théorie est assez étendu pour comprendre quelque animal que ce soit.

2. La transformation des phases doit être considérée comme un concomitant secondaire dans le développement des invasions d'acridiens, ou, tout au plus comme un facteur de moindre importance, pour lequel seuls certains aspects de la transformation ont de l'importance. Le développement des invasions et leur périodicité n'ont pas, strictement parlant, de rapport avec la théorie des phases.

3. La phase est un type d'individus, dont les caractères distinctifs, physiques et autres, sont d'une nature déterminée par l'importance de la stimulation réciproque subie par une population d'une densité particulière.

(Il est, naturellement, plus facile de définir la variation phasée, néologisme qui commence à avoir droit de cité, que la « phase ». La première est une conception plus abstraite, et peut comme telle, en esprit, être isolée des autres genres de variations auxquelles n'importe quel animal peut être soumis. La phase, bien qu'elle demeure une abstraction, se rapporte aux caractères d'individus concrets, chez lesquels les effets de la variation phasée ne peuvent pas être complètement séparés de ceux des autres sources de variation. Aussi, la variation se superpose aux variations dues à des facteurs indépendants, de milieu et génétiques, qui affectent les mêmes caractères, bien que, habituellement, ce soit à un bien moindre degré. De plus, le degré de stimulation réciproque, par conséquent l'étendue de la variation phasée, peut elle-même être modifiée

par les facteurs de milieu et internes agissant indépendamment de la densité de la population).

4. Dans un sens plus spécifique, la phase représente un des trois types désignés respectivement par : *solitaria*, *transiens* et *gregaria*. La phase *solitaria* est le type caractéristique des populations ne présentant aucune trace de grégarisme et dont les antécédents immédiats n'en présentent pas non plus. La phase *gregaria* est parfaitement définie par le type caractéristique des essaims, c'est-à-dire de populations portant clairement la marque du grégarisme et se comportant effectivement comme des entités collectives. La phase *transiens* est le type caractéristique des populations, dont l'histoire est faite d'un grégarisme intermédiaire entre celui de *solitaria* et celui de *gregaria*.

5. Les acridiens non grégaires, ainsi que les autres animaux non grégaires, ne peuvent pas, par conséquent, avoir une phase *gregaria* même lorsqu'ils se présentent en populations denses ; mais ils sont susceptibles de présenter une variation de phase. S'ils manifestaient une légère tendance au grégarisme, on peut leur concéder une phase *transiens*.

6. Les catégories « *congregans* » et « *dissocians* » ne sont pas des phases, parce qu'elles ne sont pas définies sur la base d'une différence dans la stimulation réciproque, la densité de population ou le grégarisme, et qu'elles ne présentent pas nécessairement des caractères distinctifs physiques ou autres. Si l'on désire indiquer la direction du changement de phase, on peut se servir de termes tels que : « individus grégarisants » et « individus dégrégarisants ». Toutefois, il convient de se rappeler que rien ne garantit qu'une tendance observée dans la transformation phasée puisse se maintenir dans la même direction pour une durée de temps quelconque.

7. La « phase » est essentiellement une caractéristique des individus. Néanmoins, on peut dire d'une population qu'elle a une phase, dans le sens spécifique de phase *solitaria*, *transiens* ou *gregaria*, à condition qu'elle soit entièrement homogène pour la phase en question.

8. La mesure de ce que l'on pourrait appeler l'« état phasé » (phase status) d'une population pourrait être obtenue sous la forme de moyennes et de déviations standard. On emploie souvent, en français, l'expression anglaise « standard déviation », il faut demander l'avis d'un statisticien pour les caractères de phase appropriés des individus constituant cette population, ou par une mesure de fréquence. Dans le cas d'un rapport morphométrique, toute moyenne donnée devra être constituée par la moyenne des rapports individuels et non par le rapport entre les totaux des mesures absolues, comme il a été recommandé par les diverses Conférences Internationales sur les acridiens. On pourrait aussi évaluer l'« état phasé » par le rapport du dimorphisme sexuel et autres mesures qui, bien que dépendant des caractères de phase individuels, ne peuvent pas être prises sur les individus.

9. Le degré de corrélation entre les différents caractères phasés physiques et biologiques est faible, ce qui fait que les indications de phase données par les différents caractères peuvent être en contradiction flagrante. Ceci rend, par exemple, impossible toute déduction sûre, en ce qui concerne le comportement à partir du caractère physique et a provoqué une confusion générale pour tout ce qui découle, dans certains cas, de la terminologie concernant les phases.

10. En conséquence, nous avons les alternatives suivantes :

a) nous résigner à utiliser les catégories de phase d'une manière vague pour indiquer les types, avec des constellations de caractères mal définies ;

b) définir les phases de chaque espèce de manière rigide, au risque d'être quelque peu arbitraire, au moyen d'échelle de valeurs du meilleur caractère morphométrique, pour différencier les phases de cette espèce particulière.

Le choix n'est pas particulièrement facile, mais on doit accorder la préférence à la deuxième alternative (*b*), celle-ci présentant, au moins, une base parfaitement objective pour la définition des phases par l'utilisation du caractère physique, pouvant être estimé quantitativement, et qui est le plus intimement associé à la cause des différences de phase. En adoptant cette voie, il est clair que, seuls les insectes adultes, dont les parties à mesurer sont intactes, peuvent être classés en phases. Les larves ainsi que les adultes endommagés ne peuvent pas être identifiés avec certitude. Si ceci est malheureux, la situation n'est pas différente de celle dans laquelle du matériel de tous stades est placé dans la première alternative (*a*) où, les phases n'étant pas strictement définies, aucun spécimen ou série ne peut être défini avec certitude. (Etant donné que tout le domaine de l'écologie et de l'épidémiologie des acridiens peut être étudié sans se référer aux phases, on pourrait sans aucun doute se dispenser entièrement de la terminologie de phases, si on n'avait à prendre en considération que les exigences de ce domaine. Mais les phases ont une importance à la fois taxonomique et biologique. La taxonomie se rapporte à toute la gamme des variations physiques d'une espèce, et les formes infra-spécifiques bien dessinées doivent être différenciées et nommées).

11. En déterminant les gammes du meilleur caractère morphométrique à utiliser dans la définition de chaque phase, on devrait s'en tenir à la méthode suivante : rassembler de nombreuses et grandes séries de spécimens pour un nombre de lieux et de saisons différents, et représentant toute la gamme du grégarisme à partir des populations à faible densité, non-grégaires, avec des antécédents non-grégaires jusqu'aux essaims les plus grands et les plus denses, avec des antécédents grégariens. Ces séries devraient être groupées simplement d'après leur degré et leur passé de grégarisme, en « non grégaires à antécédents non grégaires, « grégaires » et « intermédiaires ». On devrait calculer, pour chaque caractère morphométrique important, les moyennes des séries et des groupes, ainsi que les variations intersériés à l'intérieur de chaque groupe. Le meilleur indice de phase pourra alors être trouvé dans le caractère qui accuse les différences les plus importantes entre les groupes. Ce meilleur indice devrait être un caractère de phase proprement dit, et non, par exemple, le rapport du dimorphisme sexuel qui ne peut être appliqué individuellement aux insectes.

En utilisant les moyennes de série du meilleur indice on devrait déterminer la gamme des moyennes correspondant à chacune des catégories de grégarisme.

On trouvera du chevauchement, non seulement entre les séries des catégories adjacentes dans la séquence du grégarisme, mais parfois aussi entre les catégories des populations non grégaires à antécédents non grégaires et la catégorie des grégaires. On devrait alors choisir des valeurs limitatives arbitraires, afin d'obtenir trois catégories contiguës, ne se chevauchant pas, dans lesquelles une grande proportion des moyennes de série sera attribuée à la phase résultant du degré ainsi que du passé de grégarisme des séries. Les phases des espèces particulières en question sont alors strictement définies par ce classement du meilleur indice. On peut ensuite, déterminer l'état phasé de toute série comme étant : *solitaria*, *transiens* ou *gregaria*, sur la base de sa moyenne pour le caractère choisi, et tout individu peut être assigné à sa phase sur la base de sa valeur individuelle pour le caractère.

12. Il importe de trouver un moyen pour indiquer les affinités générales de phase pour les larves, etc..., qui ne peuvent pas être classées de manière bien définie dans le système proposé. Parfois, il peut convenir de décrire simplement en quelques mots les caractères importants de ces individus. Ainsi, on pourrait parler des « larves noires de premier stade ». Mais il faut quelque chose de plus pour indiquer l'ensemble général des caractères, et les termes « solitaroïde », « grégaroïde » et « transientoïde » pourraient être employés à cette fin, mais pas en italique, et non accompagnés du mot « phase » et nécessairement dans un sens manquant de précision. On pourrait par exemple dire qu'un essaim d'adultes jaunes, « grégaroïdes », dont on n'a recueilli aucun spécimen, a produit une descendance de larves grégaroïde. Des traînards de cette bande devinrent transientoïdes vers le stade final et donnèrent naissance à des adultes de phase « *transiens* ». On pourrait utiliser la même terminologie pour les espèces, dont l'étude des phases n'est pas assez avancée pour que celles-ci aient pu être définies de manière précise.

13. Le « processus du début d'invasion » est plus facilement analysable en processus en cours qu'en stades espacés dans le temps. Le processus essentiel est le « cercle vicieux de la formation de l'essaim » qui constitue simple-

ment un phénomène de comportement. Les différences classiques de phase physique ne sont que des conséquences secondaires du processus du début d'invasion, et ne jouent pas de rôle important soit dans l'avancement de la transformation phasée, soit dans la continuation du développement du processus du début d'invasion. Elles sont tout au plus des indicateurs marquant le point atteint dans le processus, et pour tout dire, quelque peu imprécis.

14. La définition des phases en prenant comme base les caractères physiques, joints à l'incertaine corrélation entre les caractères et le comportement, exige une classification indépendante des individus et des populations, basée sur leur comportement. Les termes sans ambiguïté « swarming » = grégaires et « non-swarming » = non grégaires sont proposés pour cette classification. Le dernier de ces noms étant synonyme de « vie solitaire ». Cette double classification permettrait, alors, des combinaisons telles que : essaims de ph. *solitaria*, larves grégaroïdes non grégaires, etc...

15. La cause fondamentale des états ou des invasions est la multiplication, et la « périodicité irrégulière » des débuts d'invasions est due, principalement, aux variations du niveau des populations dans les aires grégarigènes, dont les caractères écologiques sont particulièrement bien adaptés pour permettre soit la survivance dans des conditions défavorables, soit une rapide multiplication dans des conditions favorables. Certains aspects des aires grégarigènes, qui rendent celles-ci favorables à la multiplication, favorisent également la concentration, déclenchant ainsi le développement du grégarisme et la transformation en phase *gregaria*. La migration est probablement stimulée durant que ces changements s'opèrent. Cette stimulation doit pouvoir être constatée rapidement, et paraître significative, en raison du grégarisme des insectes, ainsi que de leur nombre.

16. Les facteurs d'abondance, de grégarisme et de capacité migratoire sont tous reflétés par le mot « essaim », et le processus essentiel qui se déroule dans les aires grégarigènes, ne peut mieux se décrire que par l'appellation de « formation d'essaim ». C'est le changement, qui s'opère dans l'abondance et le comportement des locustes dans les aires grégarigènes, qui produit le début d'invasion beaucoup plus que la transformation de phase.

Aire grégarigène, foyer grégarigène et autres termes distributifs utilisés en épidémiologie acridienne sont, par conséquent, mieux définis s'ils expriment le contraste entre les essaims et les populations non grégaires, plutôt que celui entre les phases.

6-138

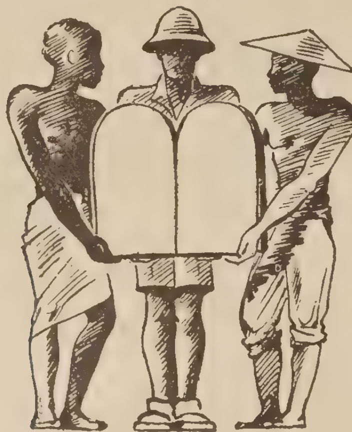
NANTA (J.). — **Quelques observations sur les stades larvaires d'*Antestia occidentalis*, punaises des caféiers en Côte d'Ivoire.** *Bulletin trimestriel du Centre de recherches agronomiques*, nº 1, Bingerville, 1950 (quatrième trimestre) p. 32-5.

Les *Antestia occidentalis* déposent leur ponte à la face intérieure des feuilles de caféiers. Le nombre d'œufs varie de six à douze. Les œufs éclosent au bout de quatre à six jours. Le stade larvaire comprend quatre âges de durées différentes même pour les insectes provenant d'une même ponte. Un stade nymphal précède l'état adulte. Les larves, d'abord grégaires, se dispersent au deuxième âge. Le cycle évolutif varie de quarante-neuf jours à cent-quatre, ce qui explique le chevauchement des générations.

Ces insectes se nourrissent de feuilles, bourgeons, fleurs, fruits.



ACTES OFFICIELS



ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Décret n° 51.543 du 10 mai 1951 portant modification du décret du 11 avril 1946 relatif à l'organisation de l'Ecole Supérieure d'Application d'Agriculture Tropicale.

Le Président du Conseil des ministres.

Sur le rapport du Ministre de la France d'outre-mer et du Secrétaire d'Etat à la France d'outre-mer ;

Décrète :

ART. 1er. — Les titres III et VI de l'article 3 du décret du 11 avril 1946 modifiés par le décret du 10 novembre 1947 sont abrogés et remplacés comme suit :

« *Art. 3.* — ....

III. — *Elèves réguliers français*

« A. Les élèves réguliers français de la section de la production agricole sont, dans la limite des places disponibles, admis sur titres parmi les candidats :

« Ingénieurs diplômés de l'école polytechnique ;

« Ingénieurs agronomes et élèves de l'institut national agronomique admis régulièrement en troisième année, qui accomplissent ainsi cette troisième année d'études à l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale ;

« Ingénieurs agricoles ;

« Ingénieurs diplômés de l'école coloniale d'agriculture de Tunis, titulaires d'une licence es sciences naturelles donnant accès au doctorat d'Etat.

« B. Les élèves réguliers français de la section de recherches agronomiques sont, dans la limite des places disponibles, admis sur titres, parmi les candidats :

« Ingénieurs diplômés de l'école polytechnique ;

« Elèves de l'institut national agronomique admis en troisième année, qui accomplissent ainsi leur troisième année d'études à l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale ;

« Ingénieurs agricoles classés dans le premier quart de leur promotion ou titulaires de deux certificats de la licence es sciences naturelles ;

« Ingénieurs diplômés de l'école centrale des arts et manufactures, des écoles nationales supérieures des mines de Paris et de Saint-Etienne et de l'école de physique et chimie industrielle de la ville de Paris ;

« Titulaires d'une licence es sciences donnant accès au doctorat d'Etat ;

« Les pharmaciens diplômés ;

« Et, en outre, parmi les ingénieurs des industries agricoles (diplômés de l'école nationale des industries agricoles), classés dans le premier quart de leur promotion, ces derniers ne pourront avoir accès qu'à la spécialisation en chimie et en technologie agricoles ;

« Le Ministre de la France d'outre-mer fixe chaque année le nombre de places ouvertes à chaque catégorie de candidats.

« L'admission des élèves est prononcée par arrêtés ministériels en tenant compte des notes obtenues par les divers candidats dans leur école d'origine ;

IV. — *Elèves réguliers étrangers*

« Des élèves réguliers étrangers peuvent être admis à l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale dans la limite des places disponibles. Ils doivent être titulaires des mêmes titres que les élèves réguliers français, soit posséder des titres étrangers reconnus officiellement équivalents, soit des titres étrangers jugés suffisants par le ministre de la France d'outre-mer. Les candidats admis doivent être accrédités par le représentant de leur pays en France. Leur admission à l'école est prononcée par le Ministre de la France d'outre-mer.

(Le reste de l'article sans changement).

ART. 2. — L'article 5 du décret du 11 avril, modifié par l'arrêté du 23 janvier 1950 et le décret du 1er août 1950, est abrogé et remplacé comme suit :

« *Art. 5.* — Le conseil de perfectionnement de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale a pour mission d'étudier et de proposer au Ministre de la France d'outre-mer toute mesure tendant à améliorer l'organisation de l'école, l'enseignement qui y est distribué et le recrutement des élèves.

« Font partie de ce conseil :

« Le directeur de l'agriculture, de l'élevage et des forêts au ministère de la France d'outre mer, président ;

« Le directeur des affaires économiques et du plan au ministère de la France d'outre-mer ou son délégué :

« Le Directeur du personnel au ministère de la France d'outre-mer ou son délégué ;

« L'inspecteur général de l'agriculture outre-mer, chef du service central de l'agriculture à la direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts au ministère de la France d'outre-mer, ou son délégué ;

« L'inspecteur général de l'enseignement et de la jeunesse au ministère de la France d'outre-mer, ou son délégué ;

« Le directeur de l'office de la recherche scientifique outre-mer, ou son délégué ;

« Un gouverneur général honoraire des colonies ;

« Un représentant des organisations professionnelles de production agricole et forestière coloniale ;

« Le directeur de l'institut national agronomique ;

« Le directeur de l'école nationale de Grignon ;

« Le directeur honoraire de l'institut national d'agronomie de la France d'outre-mer (devenu école supérieure d'application d'agriculture tropicale) ;

« Le directeur de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale ;

« Un professeur de l'école,

« Quatre personnalités choisies par leur compétence dans les sciences agronomiques ou biologiques ;

« Le président de l'association amicale des anciens élèves de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale.

« Les membres du conseil, autres que les membres ès qualités, sont nommés pour trois ans par arrêté du ministre de la France d'outre-mer.

« Les fonctions de secrétaire sont remplies par un fonctionnaire des services de l'agriculture aux colonies, désigné à cet effet par le président du conseil de perfectionnement ».

« ART. 3. — L'article 13 du décret du 11 avril 1946 est abrogé et remplacé comme suit :

« En dehors des deux sections prévues à l'article 3 du présent décret, il est organisé chaque année à l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale un stage d'une durée d'une année scolaire dénommé cycle d'enseignement d'agriculture tropicale, destiné à donner, aux ingénieurs adjoints stagiaires des services de l'agriculture aux colonies et aux ingénieurs diplômés des écoles supérieures d'agriculture métropolitaines et de l'Afrique du Nord, des connaissances générales sur l'agronomie tropicale.

« Cet enseignement porte notamment sur les matières suivantes : géographie physique, climatologie et sols des territoires intertropicaux de l'Union Française, agriculture générale et agriculture spéciale, zootechnie, parasites des cultures, topographie, génie rural, technologie agricole, administration, crédit, coopération agricole et comptabilité, hygiène humaine.

« Des stages pratiques peuvent compléter cet enseignement.

« Les conditions d'admissions des élèves réguliers au cycle d'enseignement d'agriculture tropicale sont les suivants :

« Admis sur titres :

« Ingénieurs agronomes ;

« Ingénieurs agricoles ;

« Ingénieurs horticoles (diplômés de l'école nationale d'horticulture) ;

« Ingénieurs des industries agricoles ;

« Ingénieurs diplômés de l'école coloniale d'agriculture de Tunis ;

« Admis après concours :

« Les ingénieurs des instituts agricoles de Nancy, Toulouse, Beauvais, des écoles supérieures d'Angers et de Purpan-Toulouse et de l'institut technique de pratique agricole ainsi que les anciens élèves diplômés de l'école pratique coloniale du Havre et du conservatoire des arts et métiers.

« Le directeur de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale fixe chaque année le nombre de places ouvertes à chaque catégorie de candidats.

« Des élèves réguliers étrangers peuvent être admis au cycle d'enseignement d'agriculture tropicale, s'ils sont titulaires de titres équivalents à ceux des élèves réguliers français ou pourvus de titres jugés suffisants par le directeur de l'agriculture, de l'élevage et des forêts au ministère de la France d'outre-mer sur la proposition du directeur de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale. Les candidats admis doivent être accrédités par le représentant de leur pays en France.

« Les admissions sont prononcées par décision du directeur de l'agriculture, de l'élevage et des forêts sur la proposition du directeur de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale.

« Les élèves, qui ont satisfait en fin de stage aux examens et épreuves imposés, reçoivent un certificat de fin d'études d'agriculture tropicale, qui leur est délivré par le directeur de l'agriculture, de l'élevage et des forêts du ministère de la France d'outre-mer.

« Des auditeurs libres français et étrangers peuvent être admis à suivre l'ensemble ou une partie seulement de l'enseignement du cycle d'enseignement d'agriculture tropicale par décision du directeur de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale, si celui-ci estime que leur formation préalable est suffisante ».

ART. 4. — Le Ministre de la France d'outre-mer et le Secrétaire d'Etat à la France d'outre-mer sont chargés de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal Officiel* de la République française et inséré au bulletin officiel du ministère de la France d'outre-mer.

J.O.R.F., 1951 (16 mai), p. 5.704-5.

CONDITIONNEMENT

— Arrêté ministériel du 28 décembre 1950 fixant la composition et les conditions de fonctionnement en Afrique Equatoriale française des commissions d'expertise prévues par l'article 14 du décret n° 45-8 433 du 17 octobre 1944 portant réorganisation des services de contrôle du conditionnement des produits dans les territoires d'outre-mer.

J. O. de l'A. E. F., 1951 (15 février), p. 284.

— Arrêté n° 969 du 29 mars 1951 portant réorganisation du contrôle du conditionnement des produits en A. E. F.

J. O. de l'A. E. F., 1951 (15 avril), p. 547-8.

RECHERCHES AGRICOLES

Décret n° 51-932 du 13 juillet 1951 relatif à l'organisation de la section technique d'agriculture tropicale du ministère de la France d'outre-mer.

Le Président du Conseil des Ministres,

Sur le rapport du Ministre de la France d'outre-mer, du Ministre des finances et des affaires économiques, du Secrétaire d'Etat à la France d'outre-mer et du Ministre du budget,

Vu la loi de finances pour l'exercice 1951 (n° 51-598 du 24 mai 1951) ;

Vu le décret modifié du 30 mai 1940 portant organisation de la section technique d'agriculture tropicale du ministère de la France d'outre-mer et réglant le statut de ce personnel ;

Vu le décret du 20 juillet 1944 portant création d'une direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts au ministère de la France d'outre-mer ;

Vu le décret du 11 avril 1946 relatif à l'organisation de l'école supérieure d'application d'agriculture tropicale.

Vu le décret du 6 avril 1946 réglant l'organisation générale et le statut du personnel des services de l'agriculture aux colonies ;

Vu le décret du 28 septembre 1948 instituant un tour de service outre-mer pour les fonctionnaires des cadres généraux relevant du ministère de la France d'outre-mer et les textes subséquents ;

Vu le décret n° 50-861 du 24 juillet 1950 fixant les attributions du Secrétaire d'Etat à la France d'outre-mer ;

Vu l'arrêté du 10 mars 1949 créant un centre technique forestier tropical ;

Vu l'arrêté du 24 août 1950 portant organisation de la direction de l'agriculture, de l'élevage, des forêts et des chasses à l'administration centrale du ministère de la France d'outre-mer,

Décrète :

ART. 1er. — Les articles 13, 14, 15 et 16 du décret du 30 mai 1940 susvisé sont modifiés comme suit :

« *Art. 13.* — La section technique d'agriculture tropicale rattachée à la direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts du ministère de la France d'outre-mer réunit les services et laboratoires d'études et de documentation agricole de ce ministère.

« Elle joue le rôle de centre d'information technique et agricole de ce département ainsi que des établissements de recherches et des services techniques des territoires d'outre-mer. »

(Le reste sans changement).

« *Art. 14.* — La section technique d'agriculture tropicale comprend :

« Un centre de documentation comportant une section archives et bibliothèque, et une section statistique.

« Le centre de documentation est chargé de l'édition de la revue *L'Agronomie tropicale* et de la publication du *Bulletin technique*.

« Cinq divisions techniques :

« 1° Division de normalisation des produits et des fraudes ;

« 2° Division de chimie agricole comportant :

« *a*) Laboratoire d'agrologie ;

« *b*) Laboratoire de chimie végétale ;

« *c*) Laboratoire de technologie.

3° Division d'amélioration des plantes cultivées comportant :
« a) Laboratoire de génétique agricole ;
« b) Laboratoire de botanique appliquée ;
« c) Laboratoire d'écologie ;
« d) Laboratoire d'agrostologie.
« Cette division est chargée de la conduite des cultures expérimentales et notamment des cultures en serres.

« 4° Division de défense des cultures comportant :

« a) Laboratoire de phytopathologie ;
« b) Laboratoire d'entomologie.

« 5° Division de génie rural.

« Les diverses divisions sont, en outre, chargées de la formation, de la spécialisation ou du perfectionnement des techniciens des services d'agriculture aux colonies ».

« *Art. 15.* — La section technique d'agriculture tropicale, placée sous l'autorité du directeur de l'agriculture, de l'élevage et des forêts, est aux ordres d'un directeur choisi parmi les ingénieurs en chef ou directeurs de laboratoire des services d'agriculture aux colonies. Ce fonctionnaire compte dans l'effectif des personnels visés au paragraphe *a* de l'article 16 du présent décret ».

« *Art. 16.*

« Personnel technique.

« a) Personnel des cadres généraux de la France d'outre-mer.
« Le centre de documentation et les cinq divisions sont dirigés par des ingénieurs en chef, ingénieurs principaux, directeurs de laboratoires ou maîtres de recherches des services d'agriculture aux colonies, assistés de fonctionnaires appartenant au personnel des cadres généraux des services de l'agriculture (ingénieurs d'agriculture, spécialistes de laboratoires) ou du service de l'élevage et des industries animales aux colonies.
« Le nombre et la répartition de ces fonctionnaires entre les divers grades de ces cadres généraux sont fixés chaque année dans la limite des douze emplois, conformément aux dispositions de la loi de finances.
« Les fonctionnaires appartenant au personnel des cadres généraux des services de l'agriculture et du service de l'élevage et des industries animales outre-mer sont affectés à la section technique d'agriculture tropicale par décision ministérielle.
« Dans cette position, ils continuent à percevoir la solde afférente à leurs grade et classe dans leurs cadres respectifs, et à figurer dans les effectifs de ces cadres, tels qu'ils sont prévus par les textes en vigueur.

« b) Personnel du cadre de la section technique d'agriculture tropicale.
« Ce personnel seconde le personnel des cadres généraux de la France d'outre-mer et comprend :

« Un bibliothécaire.
« Trois chefs de travaux.
« Huit assistants.
« Un chef de culture.

« c) Personnel contractuel ;
« Six aides-chimistes.

« Personnel non technique

« a) Personnel titulaire :

« Un économe.
« Un commis d'ordre et de comptabilité.
« Une sténodactylographe.
« Un gardien de bureau.
« Trois ouvriers professionnels, 1re catégorie B.
« Deux agents de bureau du cadre complémentaire.
« Sept agents de service du cadre complémentaire.

« b) Du personnel auxiliaire et contractuel dans la limite des crédits budgétaires ouverts à cet effet et dont les effectifs ne peuvent dépasser :

« Huit ouvriers contractuels.
« Onze auxiliaires de bureau.
« Dix auxiliaires de service. ».

ART. 2. — Sont abrogées toutes dispositions contraires à celles du présent décret.

ART. 3. — Le Ministre de la France d'outre-mer, le Ministre des finances et des affaires économiques, le Secrétaire d'Etat à la France d'outre-mer, le Ministre du budget et le Secrétaire d'Etat à la fonction publique et à la réforme administrative sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui prend effet pour compter du 1er janvier 1951 et qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 13 juillet 1951.

J.O.R.F., 1951, (18 juillet) p. 7741-2.

— Délibération n° 90/50 du 23 décembre 1950 portant approbation de la convention passée entre le Haut-Commissaire de la République, Gouverneur général de l'A. E. F. et le Directeur général de la « Compagnie générale des Oléagineux Tropicaux » pour le transfert de la station de modernisation agricole de l'A. E. F. à Loudima.

J. O. de l'A. E. F., 1951 (15 janv.), p. 118.

ENCOURAGEMENT A LA CULTURE DU CAFÉIER

Arrêté 624 Agro du 30 janvier 1951, portant modification à l'arrêté n° 4.417 A E. du 19 septembre 1950, instituant une prime de soutien et d'encouragement aux planteurs de caféiers.
La prime est portée de cinq mille francs par hectare planté à dix mille francs. La première partie, de six mille francs, est versée six mois après le dépôt de la demande, la seconde de quatre mille francs, la troisième année de plantation.

J. O. de la Côte d'Ivoire, 1951 (1er mars), p. 160-1.

PAYSANNAT RURAL

— Décret n° 51-780 du 14 juin 1951 tendant à réaliser à Madagascar la modernisation du paysannat autochtone.
Dans ce but est créé la « Centrale d'équipement et de modernisation du paysannat malgache ». Ces objectifs sont :

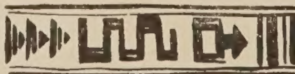
a) procurer par prêts, vente, location, transit, louages d'ouvrages ou de services les moyens techniques propres à assurer la mise en valeur de Madagascar ;
b) étudier tous projets de réalisation de programmes ruraux ;
c) contrôler l'utilisation des fonds mis à la disposition des collectivités rurales autochtones.

J. O de la R. F., 1951 (19 juin), p. 6.408.

CONCOURS

Concours d'admission au cycle d'enseignement d'agriculture tropicale pour les agents des cadres locaux (année scolaire 1952-1953)

Par arrêté du Ministre de la France d'outre-mer du 9 octobre 1951, la date prévue par l'article 2 de l'arrêté du 10 mai 1946 a été fixée au mercredi 9 avril 1952.
Le nombre des places mises au concours a été fixé à deux.



STATISTIQUES

PRINCIPAUX PRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS EXPORTÉS DES TERRITOIRES D'OUTRE-MER

en 1938, 1949 et 1950

Produits	Tonnes			Francs Afrique (en millions)		
	1938	1949	1950	1938	1949	1950
AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE						
Animaux vivants	12.141	29.018	30.925	10,8	480,6	448,5
Arachides en coques	368.793	3.152	1.254	385,3	143,2	60,2
Arachides décortiquées	169.400	208.134	200.330	230,7	6.576,2	5.781,3
Huile d'arachide	5.681	55.405	71.445	23,1	4.915,6	5.241,0
Palmistes	70.786	85.492	84.456	105,6	1.912,5	2.232,7
Huile de palme	13.688	9.820	11.755	22,8	385,7	469,2
Amandes de karité	11.491	4.094	9.421	7,8	78,1	187,6
Beurre de karité	6.880	4.050	756	14,0	215,1	39,7
Café	14.479	63.742	57.739	77,7	4.240,9	7.143,0
Cacao	52.729	56.132	61.772	172,5	4.137,3	4.713,5
Coton égrené	4.807	2.367	1.176	23,0	203,5	122,1
Sisal	4.479	81	414	7,9	5,6	22,5
Caoutchouc	659	12	21	3,3	0,5	2,5
Gommes	5.103	3.496	3.921	18,4	121,4	118,5
Tourteaux d'oléagineux	13.779	91.805	83.382	41,5	893,3	901,4
Bois exotiques	40.533	81.831	109.906	20,8	398,2	642,9
Bananes fraîches	65.128	61.012	68.658	71,5	812,5	1.005,1
Bananes séchées	—	39	49	—	0,9	1,9
TOGO						
Maïs	21.269	—	—	10,6	—	—
Arachides	1.983	3.097	2.145	2,8	87,7	64,8
Palmistes et amandes de palme	8.651	5.026	12.717	10,7	90,0	343,0
Huile de palme	523	424	800	0,8	12,7	26,7
Coprah	2.698	3.017	4.460	4,3	79,2	148,7
Graines de coton	2.902	—	3.102	1,3	—	25,0
Cacao	7.633	1.864	4.249	19,1	194,7	415,1
Café	346	2.029	1.177	1,8	128,6	142,2
Coton égrené	1.837	—	498	7,3	—	58,7

(1) D'après le *Bulletin mensuel de statistiques d'outre-mer*, 1951 (mai-juin).

PRINCIPAUX PRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS EXPORTÉS DES TERRITOIRES D'OUTRE-MER

en 1938, 1949 et 1950 (*suite*)

Produits	Tonnes			Francs Afrique (en millions)		
	1938	1949	1950	1938	1949	1949
CAMEROUN						
Amandes de palme	33.132	35.609	28.835	40,5	738,1	784,9
Huile de palme	8.924	6.261	4.739	17,6	256,3	201,8
Café	4.251	8.250	7.653	23,1	700,3	1.082,5
Cacao	31.030	47.095	43.722	84,5	3.128,2	3.977,0
Caoutchouc	1.437	2.489	1.610	9,2	83,9	126,3
Bois	40.818	60.579	77.269	16,8	261,1	410,2
Bananes fraîches	25.992	33.659	47.882	8,9	1.005,8	1.011,5
Bananes séchées	—	335	182	—	19,7	11,1
Savon	—	1.577	61	—	71,7	1,8
AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE						
Bovins et ovins	8.446	19.524	15.556	7,2	92,9	97,3
Beurre laitier	474	954	302	2,3	52,4	15,1
Peaux brutes	343	—	638	2,5	—	81,2
Cacao	1.041	1.826	2.448	2,6	65,3	110,1
Copal	39	177	294	0,8	8,0	11,9
Cire	458	288	179	4,8	38,1	24,2
Amandes de palme	14.987	8.518	8.290	15,7	175,5	211,1
Huile de palme	6.514	3.911	2.874	11,5	135,9	110,5
Café	2.237	2.684	4.678	10,5	199,5	574,9
Caoutchouc	1.037	182	183	5,2	7,6	8,2
Bois	275.236	238.856	258.261	100,9	1.531,7	1.971,2
Coton égrené	9.873	23.612	23.959	48,9	2.248,1	2.755,2



Le Gérant : J. MAISTRE.

739. — Imp. Jouve et Cie, 15, rue Racine. Paris. — 11-51